

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS Fundada en 1551

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Estudio geológico - minero de la hojade rio seco (10c-II)(escala 1:50,000)

TESIS para optar el Título Profesional de: INGENIERO GEÓLOGO

AUTOR:

MARCO VIRGILIO SERRANO GUEVARA

LIMA – PERÚ 2003

**ESTUDIO GEOLÓGICO - MINERO DE LA HOJA DE
RIO SECO (10c-II)**
(ESCALA 1:50,000)

CONTENIDO

**CAPITULO I
INTRODUCCION**

I.1 Resumen.....	3
I.2 Ubicación y accesibilidad.....	4
I.3 Objetivos.....	5
I.4 Metodología de trabajo.....	6
I.5 Trabajos previos.....	8

**CAPITULO II
FISIOGRAFIA**

II.1 Geografía.....	10
II.2 Geomorfología.....	10
II.3 Clima y vegetación.....	12

**CAPITULO III
ESTRATIGRAFIA**

Introducción.....	13
III.1 Sistema Cretáceo	
III.1.1 Grupo San Pedro.....	13
III.1.2 Formación Ereo.....	14
III.1.3 Formación La Bocana.....	18
a) Secuencia inferior.....	18
b) Secuencia intermedia.....	20

c) Secuencia superior.....	28
III.1.4 Formación Lancones.....	30
III.1.5 Grupo Copa Sombrero.....	34
III.2 Sistema Terciario	
III.2.1 Formación Yapatera.....	34
III.2.2 Volcánico Llama.....	35
III.2.3 Volcánico Porculla.....	36
III.2.4 Formación Tambogrande.....	36
III.3 Sistema Cuaternario	
III.3.1 Depósitos Recientes.....	37
III.4 Nomenclatura Formacional.....	37
III.5 Esquema de correlación estratigráfica.....	39

CAPITULO IV

ROCAS INTRUSIVAS

Introducción.....	41
IV.1 Intrusivos Sub - Volcánicos Cretáceos.....	42
IV.1.1 Diques Sin – Volcánicos.....	42
IV.1.2 Stocks Andesíticos.....	43
IV.2 Rocas Plutónicas	
IV.2.1 Complejo plutónico Las Lomas.....	44
IV.4 Intrusivos plutónicos menores.....	47

CAPITULO V

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Introducción.....	48
VI.1 Fallamiento.....	50
VI.2 Plegamiento.....	51

CAPITULO VI

GEOLOGIA HISTORICA

Geología Histórica.....	54
-------------------------	----

CAPITULO VII

GEOLOGIA ECONOMICA

Resumen.....	58
VII.1 Yacimientos	
VII.1.1 Yacimiento de Tambogrande.....	59
VII.2 Prospectos de Sulfuros Masivos	
VII.2.2 Prospecto C° Colorado - El Papayo.....	62
1.- Carrizalillo.....	63
2.- El Papayo.....	63
3.- C° Colorado.....	64
VII.2.3 Prospecto Tejedores.....	67
VII.2.4 Prospecto La Copa – La Saucha – Higuieron.....	68
VII.3 Prospectos de Pórfido de Cobre	
VII.3.1 Prospecto Las Orquetas.....	69
VII.3.2 Prospecto Lagartos.....	69
VII.4 Impacto Ambiental.....	70
Conclusiones.....	73
Referencias Bibliográficas.....	75

INDICE DE LAMINAS

Ubicación.....	1
Unidades Geomorfológicas.....	2
Columna Estratigráfica compuesta.....	3
Esquema de Correlación Estratigráfica.....	4

Mapa Geológico generalizado.....	5
Mapa de lineamientos Estructurales.....	6
Mapa Geológico.....	7
Secciones geológicas.....	8

INDICE DE FOTOS

Fm. Ereo

1- Andesitas masivas, C° Román.....	17
2- Andesitas cloritizadas, quebrada El Papayo.....	17

Fm. La Bocana

3- Estructura almohadillada, cloritizada, secuencia inferior.....	20
4- Afloramiento de sedimentos, secuencia intermedia.....	22
5- Brecha dacítica, secuencia intermedia.....	23
6- Desarrollo hialoclástico, secuencia intermedia.....	24
7- Piroclásticos dacíticos, secuencia intermedia.....	25
8- Afloramiento de sedimentos, secuencia intermedia.....	26
9- Estructuras sedimentarias, secuencia intermedia.....	27
10- Estructura columnar, secuencia superior.....	28
11- Estructura columnar, secuencia superior.....	29

Fm. Lancones

12- Discordancia erosional con la Fm. La Bocana.....	30
13- Detalle Lahar andesítico.....	31
14- Estructura almohadillada.....	31
15- Detalle estructura almohadillada.....	32
16- Andesitas tabulares.....	33
17- Estructura de flujo en colada andesítica.....	33

Volcánico Porculla

18- Discordancia con Fm. Lancones.....	36
19- Diques Sin-Volcánicos.....	43
20- Plegamiento en rocas de la Fm. La Bocana.....	53
21- “Gossan” de C° Colorado.....	65

AGRADECIMIENTO

A mis Padres.

Para Gisela, por su
decidido apoyo.

CAPITULO I

INTRODUCCION

I.1.- RESUMEN

El presente trabajo es el resultado de 3 meses de investigaciones geológico - mineras en el área que comprende la Hoja de Río Seco, cartografiada a escala 1/50,000 y que fuera desarrollado en el año 1997. Las actividades de campo comprendieron el reconocimiento y levantamiento geológico regional de dicha hoja. Se utilizó como base los trabajos realizados por el de INGEMMET en el año de 1987 (Reyes L. y Caldas J.)

Este trabajo forma parte de un estudio de exploración geológica llevado a cabo en la Cuenca Lancones (Piura) y que tiene como objetivo la ubicación de yacimientos minerales de sulfuros masivos de tipo Kuroko (VMS) similares al encontrado en el distrito de Tambogrande. A través del presente trabajo se busca dar a conocer los alcances logrados en el ámbito de la estratigrafía, poniendo énfasis en las Formaciones Ereo y La Bocana debido a que se les ha reconocido como unidades huésped (**metalotecto**), para este tipo de depósitos.

Asimismo se hace una descripción general de las diferentes unidades estratigráficas que afloran en la zona, sus características litológicas y posibles ambientes de formación, tal como se mencionó líneas arriba se pone especial énfasis en la Formación La Bocana a la que se ha subdividido en tres sub - unidades, cada una con características propias.

I.2.- UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El presente trabajo cubre un área ubicada en la zona de la frontera Norte del Perú con Ecuador correspondiendo ella a la margen derecha del Río Piura abarcando todo el valle de San Lorenzo. Se enmarca entre las siguientes coordenadas UTM:

N 9'447,100	E 583,100
N 9'474,900	E 610,900

Políticamente se encuentra ubicada en el departamento de Piura, y provincia del mismo nombre, abarcando en su mayor parte al distrito de Tambogrande (ver Lámina 1).

La principal vía de acceso a la zona es la carretera Panamericana que, a partir de la ciudad de Sullana se bifurca en dos ramales: uno que se dirige a Aguas Verdes (Tumbes) y el otro al Puente internacional de Macará pasando por los poblados de Tambogrande y Las Lomas, ésta última es la vía troncal que atraviesa el área de estudio siendo ella asfaltada. La ciudad de Sullana se encuentra en el Km 1,018 de la Panamericana Norte, esta es la ciudad más importante y cercana al área de estudio.

Para acceder a los diferentes poblados se cuenta con algunos caminos afirmados, aunque la mayor parte de los accesos lo constituyen trochas carrozables que en época de lluvias se tornan intransitables.

El siguiente cuadro resume las distancias tiempos y tipos de caminos:

De:	A:	Distancia	Tiempo	Tipo de acceso / camino
Lima	Piura	985 Km	2hrs /15hrs	Aérea / Panam. Norte
Piura	Sullana	38 Km	40'	Panamericana Norte
Sullana	Tambogrande	80 Km	40'	Panamericana Norte
Tambogrande	Cruceta	45 Km	20'	Asfaltado / afirmado

I.3.- OBJETIVOS

El hallazgo y confirmación del yacimiento de Tambogrande como un depósito del tipo Kuroko: sulfuro masivo volcanogénico (VMS), ha derivado en la ejecución de intensos trabajos de prospección por diferentes compañías mineras, en las áreas aledañas a dicha localidad, con el propósito de ubicar nuevos depósitos con características geológicas similares a las de Tambogrande.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Definir las características lito - estratigráficas de las diferentes unidades a fin de establecer patrones, que permitan la ubicación de zonas con potencial geológico – minero para la exploración por depósitos de sulfuros masivos de tipo Kuroko.
- Realizar un estudio geológico estratigráfico, mediante el cartografiado de campo, para la elaboración de una columna estratigráfica con el objeto de definir las características de las unidades formacionales.
- Elaborar un mapa geológico que muestre los resultados del trabajo realizado (Laminas 7 y 8)

- Un mejor conocimiento acerca de las unidades estratigráficas que afloran en la zona, tanto en el aspecto litológico, estructural y mineralógico.
- Realizar la correlación estratigráfica de las diferentes unidades.
- Un mejor conocimiento acerca de la geología de los diferentes prospectos.

I.4.- METODOLOGIA DE TRABAJO

La ejecución del presente estudio ha tenido lugar a través de campañas cortas, consistentes, por un lado, en levantamientos geológicos a escala 1:50,000 con el fin de elaborar un mapa geológico preliminar, mostrando el avance de cada campaña y de otro obtener la información geológica necesaria para alcanzar los objetivos buscados.

La adquisición de la información geológica en el campo consistió además del cartografiado geológico sobre una base topográfica a escala 1:50,000, el uso de fotos aéreas verticales a escala aproximada de 1:60,000. Asimismo se efectuaron trabajos de reconocimiento geológico a través de itinerarios en la quebrada Carrizalillo, el sector del Río Sancor y el área de C° Colorado. Cabe señalar que en el área de C° Colorado - El Papayo, el mapa muestra mayor detalle geológico debido a que en esta zona se realizó un cartografiado a escala 1:10,000 que luego fue reducido y adaptado a la escala 1:50,000. Se realizaron también trabajos de reconocimiento a lo largo de los ríos, carreteras y caminos, que permitieron conseguir una descripción y clasificación de las unidades geológicas que afloran en el área de estudio.

En los sectores con signos de alteración - mineralización se recolectó muestras de roca referenciales para su análisis geoquímico respectivo.

El cartografiado geológico se ha efectuado por etapas de tal manera que el presente trabajo es una recopilación de datos tomados durante el tiempo que se trabajó en el Proyecto Totoral. Para la ubicación de los datos tomados en el campo, se contó con un GPS Garmin II, que resultó de mucha utilidad, principalmente en las áreas de poco relieve topográfico.

Además se efectuaron visitas de reconocimiento a zonas fuera de la influencia del área de estudio. Esta última actividad de campo, tuvo como finalidad definir las relaciones estratigráficas con las unidades que afloran fuera del área de estudio y establecer si existía una simetría en la repartición de las unidades volcánico - sedimentarias del Cretáceo, con respecto al arco volcánico situado en el sector de C° Colorado - El Papayo. El resultado de estos reconocimientos se materializó en la elaboración de un mapa geológico generalizado a escala 1:250,000 (ver "Geología de los volcánicos del Cretáceo Medio, Cuenca Lancones, Tambogrande - Las Lomas, Piura", J. Injoque et al. 2000, en X Congreso Peruano de Geología).

La elaboración del mapa geológico preliminar se efectuó en el campamento, en horas vespertinas y nocturnas mediante el uso del software AUTOCAD, con la ayuda de un tablero digitalizador. Este mapa modifica a los levantamientos geológicos anteriores. Los trabajos de gabinete consistieron en la elaboración del mapa geológico definitivo a escala 1:50,000 (ver Lámina 7), preparación de figuras e ilustraciones adicionales, interpretación de las observaciones tectono - estratigráficas. Con estos elementos se procedió a la redacción del informe final.

Durante el desarrollo de los trabajos de campo, se contó con el asesoramiento del Ingeniero Julio C. Martínez y Dr. Jorge Injoque (Jefes de Proyecto en diferentes años)

I.5.- TRABAJOS PREVIOS

La Cuenca Lancones ha sido objeto de varios trabajos geológicos anteriores, principalmente a partir del descubrimiento del yacimiento de Tambogrande, como un yacimiento del tipo sulfuros masivos volcano – sedimentario (VMS), despertando interés en la búsqueda de otros prospectos con características geológicas similares.

El INGEMMET publicó en 1987 el trabajo titulado "Geología de los cuadrángulos de Las Playas (9-c), La Tina (9-d), Las Lomas (10-c), Ayabaca (10-d), San Antonio (10-e), Morropón (11-d), Olmos (12-d) y Pomahuaca (12-e)", donde se enfoca el contexto geológico regional en los aspectos de la estratigrafía, tectónica y plutonismo, con descripción de los yacimientos y prospectos mineros reconocidos en la región hasta esa fecha.

El Bureau de Recherches Geologiques et Minieres (BRGM) de Francia, preparó en 1980 un informe privado denominado "Informe de Pre - factibilidad del Proyecto Minero de Tambogrande", donde se hace el resumen histórico, contexto geográfico, el marco jurídico y los resultados del estudio de pre - factibilidad, teniendo como base estudios geológicos, levantamientos geofísicos y perforaciones diamantinas, trabajos que se iniciaron en 1977 y concluyeron en 1980, la conclusión fue que Tambogrande era un yacimiento de sulfuros masivos de tipo volcano – sedimentario (tipo Kuroko). Estos trabajos estuvieron acompañados por el estudio geoestadístico de reservas, ensayos de tratamiento, concepción general del proyecto y el estudio técnico - económico. En la actualidad el prospecto Tambogrande está siendo evaluado por Manhattan Sechura Cía. Minera.

En Buenaventura Ingenieros SAC existen diversos informes internos con resultados de los trabajos de prospección realizados en la Cuenca Lancones, los mismos que se iniciaron en 1991 y han proseguido en forma discontinua hasta la actualidad, principalmente en los prospectos C° Colorado - Totoral, El Papayo - Carrizalillo, La Copa y Potrobayo.

Finalmente, existen otros trabajos de carácter regional relacionados al sur del Ecuador y norte del Perú, que plantean modelos acerca de la evolución geológica de la zona de cambio entre los Andes Septentrionales y Centrales (Deflexión de Huancabamba).

CAPITULO II

FISIOGRAFIA

II.1.- GEOGRAFIA

Geográficamente el área de estudio se encuentra entre el borde Oriental de la franja costanera y la región pre - cordillerana de la cordillera Occidental de los Andes. La topografía es suave, con quebradas de poco desarrollo, siendo los ríos Chira y Piura los colectores principales, que desembocan al Océano Pacífico.

La altura promedio es de 200msnm, siendo el sector de Tambogrande la zona donde se tienen las menores altitudes (120msnm), mientras que en el área del cerro Huabal (zona central de la hoja) el promedio es de 250msnm.

II.2.- GEOMORFOLOGIA

La Geomorfología del área ha sido definida teniendo en cuenta los diversos agentes erosivos, destacando entre ellos la acción erosiva de los ríos y quebradas.

La tectónica (levantamiento de los Andes) ha jugado un papel principal en la morfología actual de la zona, sobre todo en la parte este del área de estudio. La composición de las rocas aflorantes ha dado lugar a la formación de planicies onduladas en el sector Oeste de la hoja. La presencia de fallas de magnitud distrital ha originado la formación de zonas de debilidad por donde discurren los ríos y quebradas.

En el área de estudio se han reconocido las siguientes unidades geomorfológicas (ver lamina 2):

- Vertiente Occidental de los Andes.- Se expone en el sector Este de la hoja, las cumbres no sobrepasan los 300m de altitud, en su mayoría son zonas que han soportado la erosión debido a la composición de las rocas, ya que se trata de cuerpos intrusivos y sus aureolas de metamorfismo, que presentan una ligera a moderada silicificación. La tectónica es otro de los controles de esta unidad geomorfológica, la tectónica andina ha generado un levantamiento escalonado a partir de la zona de planicies.
- Planicies.- Se enmarca en el sector Oeste de la hoja, se caracteriza por su configuración llana, con lomadas de poca altitud, se halla disectada por quebradas poco profundas que desembocan en la quebrada San Francisco. La morfología de esta unidad está controlada principalmente por la naturaleza de las rocas aflorantes, que están compuestas por una secuencia de rocas de origen volcánico con intercalaciones ocasionales de sedimentos marinos.
- Valles.- El drenaje en la zona de estudio tiene dos comportamientos, según sea unidad geomorfológica que atraviere, así en la zona de vertientes el drenaje es de tipo dendrítico, debido principalmente a un control litológico; mientras que en la zona de planicies el drenaje es de tipo paralelo claro indicio de un control estructural. Las quebradas del sector Sur de la hoja están controladas por un fallamiento con dirección NE (Río Sancor, quebrada El Guanábano). En el sector NW de la hoja las quebradas son controladas por dos juegos de fallas, el primero y principal de dirección NNW, el segundo de dirección NE que da lugar a una configuración escalonada de la quebrada Miraflores. En la zona de vertientes las quebradas constituyen cauces juveniles a intermedios, con

pendientes moderadas, en cambio en la zona de planicie éstas presentan cauces seniles de tipo meandriforme, por ellas discurren aguas de régimen temporal.

II.3.- CLIMA Y VEGETACION

Normalmente el clima es seco, con temperaturas altas todo el año, las lluvias son escasas, restringidas a los meses de verano. La vegetación es abundante y por sectores semi boscosa, constituida principalmente por algarrobos, charanes, overales y pasto seco la mayor parte del año. Se debe destacar que a partir del mes de diciembre del 97 comenzó a sentirse los efectos climáticos del llamado “Fenómeno del Niño”, el cual afecta cíclicamente a la región con intensas lluvias, lo que hace difícil el acceso, comunicaciones y abastecimiento.

La agricultura es la principal actividad de los pobladores de la zona, encontrándose restringida al área de influencia de la irrigación de San Lorenzo. En las zonas alejadas del Reservorio los pobladores practican una agricultura estacional, que se restringe a los meses de verano, sembrando sus productos en las riberas de las quebradas. En las partes aledañas a la irrigación y zonas altas predomina la ganadería (crianza de ganado caprino y en menor proporción ganado vacuno).

CAPITULO III

ESTRATIGRAFIA

INTRODUCCION

La estratigrafía del área de trabajo fue estudiada en 1987 por L. Reyes y J. Caldas (INGEMMET). En aquella oportunidad diferenciaron unidades lito estratigráficas que van desde el Cretáceo hasta el Cuaternario (Geología del Cuadrángulo de Las Lomas).

El presente trabajo plantea nuevos aportes con respecto a la geología, litología y área de afloramiento (ver Láminas 7 y 8), se describen las formaciones geológicas del Cretáceo que afloran en el área de estudio así como las unidades terciarias que afloran en la parte NW de la hoja de Río Seco y que han sido tomadas de los mapas geológicos del INGEMMET.

III.1.- SISTEMA CRETACEO

III.1.1.- GRUPO SAN PEDRO

Reyes L. et al, 1987 describe esta unidad como una secuencia clástica - volcánica, reconocida en el poblado de San Pedro (cuadrángulo de Chulucanas) compuesta por una secuencia carbonatada y chértica. Las rocas de esta unidad están pobremente expuestas, en la hoja de trabajo solo afloran en el extremo Sureste a manera de techos colgantes en contacto con rocas intrusivas, lo cual dificulta la construcción de la columna estratigráfica representativa.

La base de la unidad está conformada por cherts silicificados y piritizados, seguidos por brechas piroclásticas félsicas. La secuencia

intermedia se compone de lodolitas o limolitas negras con impregnaciones de limonita que contienen concentraciones de pirita a manera de lentejas entre los planos de estratificación (Reyes L., et al, 1987). Sobre estas continúa una secuencia predominantemente sedimentaria, con predominancia de calizas lodolíticas gris oscuras con pirita diseminada y calizas chérticas bandeadas en capas tabulares delgadas, se intercalan areniscas limosas arcósicas y limolitas gris verdosas. Suprayaciendo a esta secuencia se tienen horizontes lávicos y volcanoclásticos de composición andesítica.

Caldas J. et al, 1996; indica que la secuencia superior de esta unidad se interdigita con rocas pertenecientes a la Formación Lancones tal como se observa en el curso superior del Río Quiróz (cuadrángulo de Ayabaca), entre los hitos de Cucuya y Anchalay en el lado Sur del Río Macará (Cuadrángulo de La Tina).

La presencia generalizada de pirita diseminada en los niveles calcáreos y limolíticos unidos a una fuerte compactación parecen indicar que estas secuencias se depositaron en un ambiente marino profundo sujetos a una notable sobrecarga litostática (Caldas J. et al, 1996).

Edad y Correlación.- No se han encontrado fósiles en el área de estudio, sin embargo, existen trabajos que han reportado la presencia de *Inoceramus* sp. (quebrada Pilares) indicadores de una edad cretácea para la parte superior

III.1.2.- FORMACION EREO

Constituye la unidad basal en el área de estudio (ver Lamina 3), aflora en el sector Oeste de la hoja conformando cerros aislados en los

flancos de la Quebrada San Francisco (Valle de San Lorenzo), se expone también en los alrededores de Tambogrande y hacia el Norte en el cerro el Ereo de donde toma su nombre, conformando el núcleo de un anticlinorium (Reyes L., y Caldas J., 1987). El límite inferior de esta unidad no se ha determinado debido a que se encuentra cubierto, en tanto que el contacto con la unidad superior se asume como una ligera discordancia erosional.

Constituye la unidad huésped del depósito de Tambogrande, tiene características de un vulcanismo submarino bimodal, con predominio basáltico e intercalaciones de rocas intermedias a félsicas. El yacimiento de Tambogrande está emplazado en la parte superior de la secuencia cerca al contacto con la Formación La Bocana.

La secuencia inferior de la unidad está compuesta por rocas basales máficas depositadas en el fondo de la Cuenca Lancones, hasta donde se sabe no tienen ningún aporte continental; los componentes félsicos son ricos en sodio y pobres en potasio lo cual revela fusiones de origen basáltico de fondo oceánico. Esta secuencia estratigráfica basal solo ha sido reconocida mediante sondajes diamantinos (Manhattan Sechura Cía. Minera, 1999, informe interno). Litológicamente esta compuesta por basaltos de grosor desconocido, en donde predominan brechas de flujo, se intercalan andesitas gris verdosas a gris oscuras con textura amigdaloides, brechas de flujo y “debris flow”. Esta secuencia es cubierta por basaltos con estructura almohadillada que localmente alcanzan un grosor de 100m, en segundo término, andesitas basálticas gris oscuras a negras con textura ligeramente vacuolar y desarrollo hialoclástico. Este tipo de roca es frecuente en las porciones inferiores de la secuencia y en menor proporción, como intervalos alternantes en las partes altas de la misma, tal como ocurre en las cercanías del C° Chungas y margen derecha del Río

Piura. Ocasionalmente, se presentan paquetes delgados de tobas o lavas félsicas de naturaleza dacítica a traquítica, reconocidas también mediante perforación diamantina en el yacimiento de Tambogrande (BRGM, 1980). Al Sur de Tambogrande las rocas dacíticas forman complejos de domos que normalmente coinciden con las zonas altas de las rocas basálticas subyacentes. Estos domos usualmente están flanqueados por rocas fragmentarias afines (brechas y depósitos piroclásticos), también se observan brechas de flujo y “debris flow” heterolíticos.

No se observa estratificación debido a las condiciones del suelo. Las rocas por lo general están cornificadas debido a la proximidad de unidades del Batolito de la Costa. En Tambogrande se observan intercalaciones de lavas y tobas riolíticas. Las rocas son de afinidad calcoalcalina a toleítica (Morche W., 1997).

Edad y correlación.- Debido a que en esta unidad no se han observado secuencias sedimentarias, no se han logrado identificar restos fósiles que permitan datar la edad de esta formación. Por su posición estratigráfica, se le correlaciona tentativamente con las formaciones Muerto y Pananga, con amonites del Albiano Inferior (Chalco 1955), por lo que la edad de la Formación Ereo quedaría comprendida entre el Aptiano y el Albiano Inferior (Caldas J., y Farfán C., 1996).



Foto 1.- Afloramiento de andesitas de la Formación Ereo en el C° Román (carretera Tambogrande – Chulucanas) donde se muestra el carácter masivo de esta unidad.



Foto 2.- Afloramiento de andesitas de la Formación Ereo en la quebrada El Papayo, las rocas muestra una fuerte cloritización.

III.1.3.- FORMACION LA BOCANA

Los trabajos realizados hasta la fecha han determinado que esta unidad constituye, junto con la Formación Ereo, el principal **metalotecto** por este motivo los trabajos exploratorios están abocados a ubicar sub - cuencas de depositación de segundo y tercer orden, en donde se haya producido la acumulación de sulfuros masivos.

Como se mencionó anteriormente el contacto con la unidad anterior es una ligera discordancia erosional que se observa en las cercanías del caserío de San Francisco Yaranche (Cerro del mismo nombre), cerca de Pueblo Nuevo en la parte Suroeste de la Hoja.

La litología varía ligeramente en estilo, de acuerdo a las localidades, tanto en sus componentes volcánicos, como en la presencia o ausencia de los intervalos sedimentarios. Debido a su importancia, económica y estratigráfica, se ha diferenciado esta unidad en tres sub - unidades (ver Lámina 3):

- a) **Secuencia inferior**.- compuesta por lavas andesíticas con estructura almohadillada intercaladas con ocasionales horizontes de lavas félsicas y delgados niveles lenticulares de sedimentos (limolitas y calizas, ocasionalmente chert), depositadas en ambiente submarino. Esta sub - unidad aflora en las cercanías de los caseríos Totoral, Carrizalillo (quebrada El Papayo) y C° San Francisco. Presenta fuerte oxidación, debido a la presencia de pirita diseminada en su composición. Este nivel y su contacto inferior con los volcánicos Ereo, constituyen un nivel estratigráfico prospectivo (Tambogrande) para ubicar depósitos de

sulfuros masivos. En el área del caserío Carrizalillo (quebrada El Papayo) se observa un predominio de flujos andesíticos a andesítico-basálticos con textura vesicular y estructura almohadillada (“pillow lava”), textura porfirítica a ligeramente fanerítica con débil diseminación de pirita, por sectores se observa epidotización y cloritización, se intercala con delgados niveles lenticulares de limolitas tobaceas.

En esta sub - unidad se ha reconocido la siguiente secuencia litológica:

- **Lavas félsicas**, de textura afanítica a porfirítica, presentan piritización singenética por lo que los afloramientos se observan bastante oxidados, en algunos lugares todavía se puede observar pseudo capas, aunque en la mayoría de los casos, se presenta masiva, la alteración predominante es una argilización de tipo supérgeno. Afloran principalmente en el área de Tejedores.
- **Lavas andesítico - basálticas**, masivas constituidas por paquetes de 1 a 2m de grosor, por sectores se observa epidotización – cloritización y moderada piritización. Debido a procesos supérgenos ha desarrollado una fuerte limolitización. Afloran en los alrededores de la quebrada El Papayo y El Recodo.
- **Autobrechas andesíticas**, son de poco desarrollo y afloran esporádicamente a lo largo de la quebrada El Papayo.
- **Lavas con estructura almohadillada**, caracterizan el ambiente submarino, las almohadillas alcanzan magnitudes de hasta 1m, los afloramientos son irregulares y de carácter lenticular. Afloran en las cercanías de la quebrada El Papayo y en los alrededores del caserío Tejedores.



Foto 3.- Afloramiento de andesitas con estructura almohadillada, nótese la fuerte epidotización. Quebrada El Papayo.

- **Rocas sedimentarias**, de ocurrencia ocasional, bastante restringida y carácter lenticular, son de naturaleza tobácea, afloran en el área de El Papayo.

Debido a que no se ha observado una relación lo suficientemente clara con la unidad inferior no se conoce bien el grosor de esta sub - unidad, pero se asume que no debe sobrepasar los 100m.

- b) **Secuencia intermedia**. - compuesta principalmente por dacítas y andesitas silíceas, con intercalaciones locales de rocas piroclásticas (tufos y tobas dacíticas) y sedimentos volcanoclásticos (limolitas, areniscas de grano fino) en algunos casos retrabajados, que varían a calizas carbonosas con niveles arenosos, depositados probablemente en lo que constituye la parte central de la cuenca. Afloran en la cabecera de la quebrada

Carrizalillo, donde se expone un paquete sedimentario con cerca de 50m de grosor, que infrayacen a un paquete de brechas volcano - clásticas pertenecientes a la Formación Lancones.

Aquí, la secuencia empieza con cherts silicificados y piritizados, seguidos por brechas piroclásticas félsicas. Esta secuencia es cubierta por un intervalo monótono de limo - arcillitas gris oscuras, finamente laminadas, bien compactadas que contienen pirita, aparentemente sedimentaria; se intercalan calizas chérticas delgadas y margas oscuras finamente laminadas. Estas rocas se prolongan hacia el Sureste a manera de techos colgantes encima del batolito (cuadrángulo de Chulucanas 11-c).

En el área de Totoral – C° Colorado aflora una secuencia de volcánicos félsicos, sin observarse la base (asumiéndose que sobreyace a la Formación Ereo), terminando cubierta por la Formación Lancones. Las rocas están constituidas por tobas félsicas y lavas de tipo andesita - dacita de color gris - blanquecino, presentan pequeños fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica, tiene como principal característica el desarrollo de la textura hialoclástica y adicionalmente, en algunos lugares estructura columnar (polígonos pentagonales), pero sin contenido de ferromagnesianos (razón de su naturaleza félsica). Se observan además lavas y piroclásticos dacíticos, con visibles fenocristales de plagioclasa y cuarzo, en matriz afanítica gris - blanquecina. En algunos testigos de perforación se han encontrado intercalaciones sedimentarias, por esta razón las rocas volcánicas, al entrar en contacto con estas en ambiente submarino, se contaminaron y han desarrollado estructura “peperítica”.

Entre La Bocana y El Progreso (Hoja de Las Lomas, 10c-I), se observa un cambio de facies de Suroeste a Noreste, de una secuencia mayormente volcánica se pasa a una secuencia sedimentaria constituida por calizas que varían a areniscas gruesas tal como se observa en la quebrada Palo Blanco y C° Cabuyal; además se intercalan niveles delgados de andesitas con estructura almohadillada y ocasionalmente con estructura columnar.



Foto 4.- Afloramiento de lutitas y limo arcillitas en la Formación La Bocana intermedio.

Entre C° Colorado y El Papayo la sub - unidad está constituida en su mayor parte por rocas dacíticas y riolitas que afloran a lo largo de un alineamiento de domos de dirección SE-NW, concordante con el arco volcánico y asociadas a centros exhalativos, tal como se observa en las áreas de C° Colorado, Miraflores y El Papayo. Las rocas félsicas se caracterizan por presentar texturas con desarrollo hialoclástico,

“peperítica”, perlítica, etc. que indican un ambiente de depositación submarino, otro rasgo característico es la presencia de estructura columnar (columnas pentagonales) debido a que las coladas están compuestas por rocas de composición dacítica - andesítica.

Litológicamente esta sub - unidad se compone de:

- **Lavas y brechas félsicas**, con alto contenido de sílice (> 65%), de tonalidades leucócratas a débilmente rojizas por oxidación de la pirita, textura porfirítica a afanítica, fractura concoidea y estructura fluidal, generalmente están vinculadas a los domos félsicos.

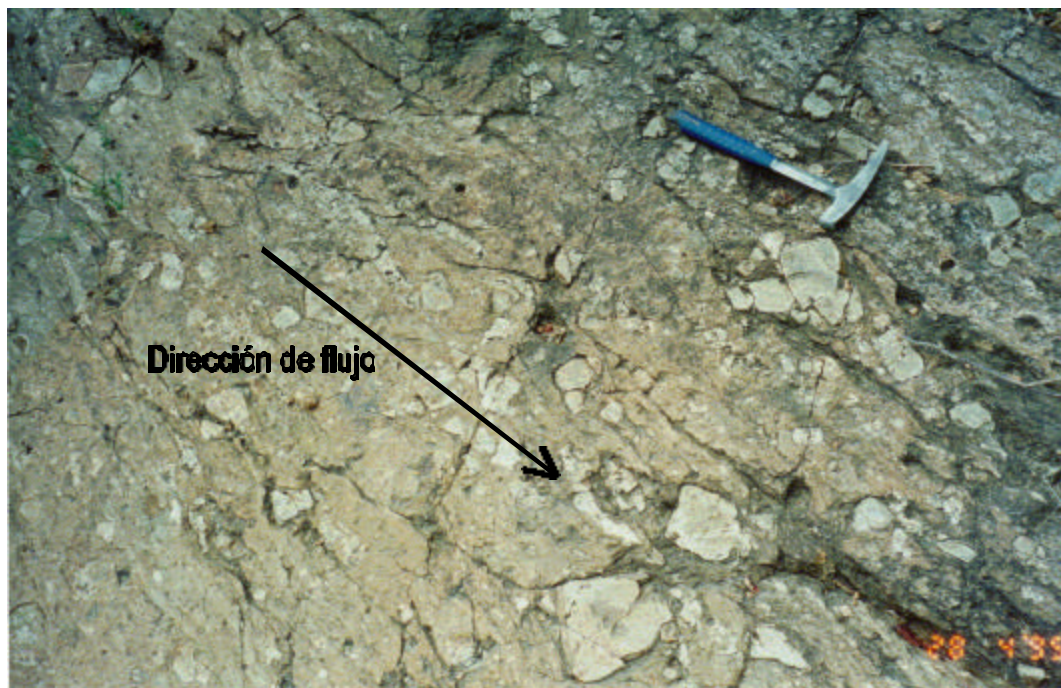


Foto 5.- Brecha dacítica aflora en los alrededores de El Recodo, observe los clastos redondeados debido al transporte y clastos alargados debido al flujo de la lava.

- **Lavas dacíticas**, manifestadas por coladas masivas de textura porfirítica, por sectores se observa estructura fluidal, de colores claros tendiendo a leucócratas por alteración argílica o supérgena. En la mayoría de los casos se encuentran alteradas hidrotermalmente por procesos de piritización y/o limolitización.

- **Domos félsicos**, que afloran siguiendo el lineamiento del arco volcánico, se manifiestan superficialmente como estructuras silíceas a manera de hongo, constituyendo relieves topográficos altos y redondeados con marcado bandeamiento radial y en algunos casos con estructura columnar tal como se observa en el Domo Gigante (coordenadas N 9°464,200 y E 591,400).
- **Lavas y brechas con desarrollo hialoclástico**, de composición dacítica a andesítica, son rocas volcánicas depositadas en fondo marino que han desarrollado esta textura debido al rápido enfriamiento al entrar la roca fundida en contacto con el agua, y por contaminación con materiales del fondo marino; están muy bien definidas en los bordes de los flujos y coladas de lava, este tipo de roca es difícil de reconocer en superficie (las mejores muestras se obtuvieron de testigos de perforación en C° Colorado y El Papayo). En muchos sectores dentro de este tipo de rocas se ha desarrollado textura perlítica debido a procesos de desvitrificación (craquelamiento por cambio brusco de temperatura).

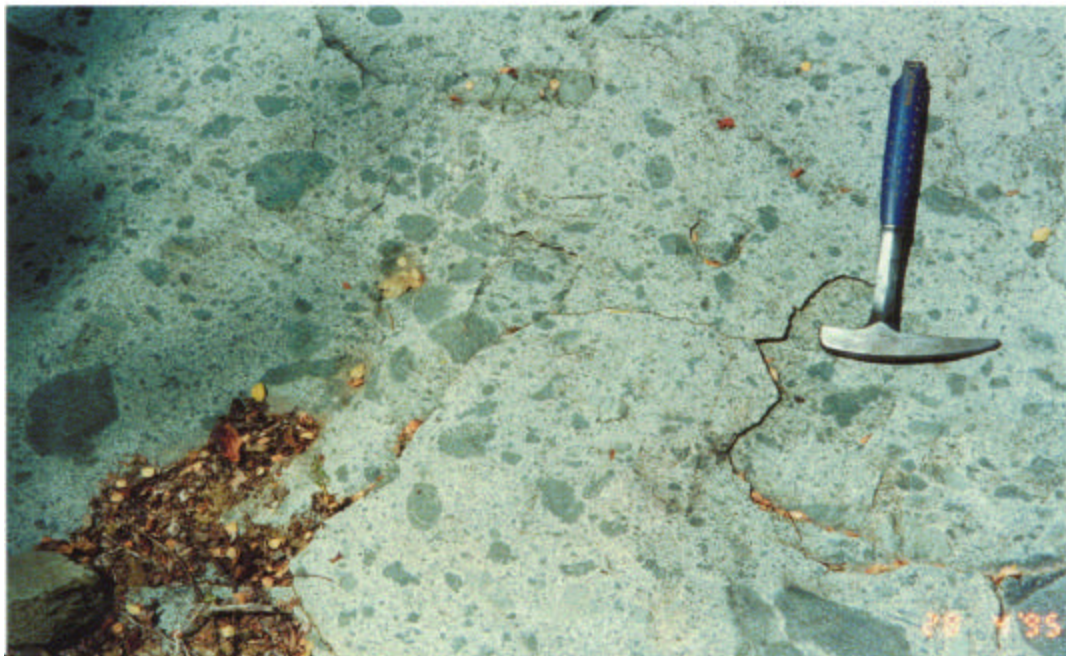


Foto 6.- Dacitas con desarrollo hialoclástico, obsérvese que los clastos están cloritizados, afloran en los alrededores de C° Colorado.

- **Peperitas**, de composición dacítica a andesítica, formadas en el momento en que la colada entra en contacto con los sedimentos (limolitas y calizas) no consolidados del fondo marino. La roca volcánica al enfriarse rápidamente, se fractura y agrieta, los sedimentos que se encuentran en estado plástico, son inyectados en los espacios abiertos, la roca producto de este proceso presenta un aspecto muy llamativo, parecido al mármol. Han sido reconocidas con sondajes en C° Colorado.
- **Tufos y piroclásticos**, afloran irregularmente como remanentes de erosión en los alrededores de C° Colorado y El Papayo. Son de carácter lenticular, de composición dacítica y en muchos casos presentan retrabajo, en esta unidad se asocian a las ventanas exhalativas.



Foto 7.- Detalle de rocas piroclásticas monomícticas de composición dacítica, afloran en la quebrada El Papayo.

- **Rocas sedimentarias**, constituidas por delgados horizontes de areniscas y limolitas negras tobaceas así como de calizas carbonosas, en esta secuencia se puede observar diferentes estructuras sedimentarias (micro “slumps”, estructuras de sobrecarga, etc.). Aflora en los alrededores del caserío Totoral, al Sur de C° Colorado, sin embargo, el más extenso y mejor expuesto aflora en la cabecera de la quebrada Carrizalillo, aquí se compone de una intercalación de areniscas de grano fino, limolitas negras carbonosas y calizas negras laminadas, la secuencia tiene más de 50m de grosor. Debido a su carácter lenticular es difícil establecer su continuidad por lo que son de poca ayuda para realizar correlaciones.



Foto 8.- Calizas y limo arcillitas de la Formación La Bocana medio, afloran en l cabecera de la quebrada Carrizalillo.



Foto 9.- Micro “slumps” en calizas de la Formación La Bocana medio, estructura característica de una cuenca subsidente, afloran en el curso medio de la quebrada Carrizalillo.

En general esta secuencia tiene un grosor aproximado de 180 a 200m los cuales no se distribuyen uniformemente. No se han encontrado fósiles en el área de estudio, sin embargo en el sector de Tomapampa - El Higuerón se han hallado amonites que indican una edad correspondiente al Albiano.

- c) **Secuencia superior**.- está compuesta por rocas piroclásticas (tufos líticos) que se extienden regionalmente en los sectores del Río Sancor, quebrada El Carrizo y la cabecera de la quebrada Carrizalillo, andesitas silíceas con estructura columnar que afloran en los alrededores de C° Colorado. Asimismo en el sector de El Cortezo y La Copa (Hoja de Las Lomas 10c-I), se tienen andesitas con estructura almohadillada.

Sobreyace al miembro anterior con ligera discordancia erosional de carácter local, los mejores afloramientos se observan entre el área de Totoral y Miraflores en donde alcanza un grosor de hasta 50m, sin embargo este grosor no es constante y en algunos lugares desaparece para dar paso directamente a la unidad superior. El rasgo característico de ésta unidad es la estructura columnar, la misma que se ha desarrollado de acuerdo al paleo - relieve preexistente, en las cercanías de C° Colorado se observa una estructura en forma de abanico que semeja una estructura dómica mientras, que unos 500m al Norte presenta la forma de un abanico invertido. En el sector de El Papayo este miembro presenta además andesitas vacuolares que rodean a un centro alimentador ubicado en el caserío de Carrizalillo, las rocas, debido a esta característica han sido metamorfizadas selectivamente por un intrusivo de composición tonalítica.



Foto 10.- Andesitas con estructura columnar (vista mirando al Oeste) en la Formación La Bocana, afloran entre Las Lomas y Suyo, se observa el reticulado formado por los hexágonos de las columnas.



Foto 11.- Detalle del afloramiento anterior, donde se observan las columnas de andesita (vista mirando al Este).

Edad y Correlación.- En el área de estudio no se han observado fósiles que caractericen a la Formación La Bocana, sin embargo, tal como se dijo anteriormente en el sector de Tomapampa - El Higuerón (Hoja de Las Lomas 10c-I) se hallaron amonites (Reyes et al., 1987). Por otro lado algunos niveles calcáreos de la formación tienen restos de gimnospermas del género **Cycadeoidea sp**, amonites del género **Mortoniceras cf. M Marrecacia Maury**, que indican el Albiano (Reyes et al., 1987), correlacionándose con parte de las Formaciones Muerto - Pananga así como con las formaciones Chulec y Pariatambo de la región cordillerana.

III.1.4.- FORMACION LANCONES

La denominación fue dada por Reyes et al., (1987), para reconocer una secuencia que aflora en las cercanías del poblado de Lancones (hoja de Las Lomas). La relación entre las Formaciones Lancones y La Bocana es bastante peculiar, ya que varía en diferentes lugares; así mientras en el sector de C° Colorado es ligeramente discordante, en el sector del río Quiróz es marcadamente discordante, rellena paleo relieves (paleo valles) que cortan en dirección aproximada N-S hacia el río Quiróz. Sin embargo al Noroeste en la zona de Potrobayo (fuera del área de estudio) la relación entre ambas formaciones es una transición. La base de la unidad está constituida por una secuencia irregular, tanto en grosor como en su extensión lateral, de depósitos volcanoclásticos de tipo “lahar”, estos pueden variar en grosor desde unos pocos metros hasta los 150m tal como se observa en el área de El Higuerón (Hoja de Las Lomas 10c-I). En el área de estudio se observan afloramientos de hasta 10m de grosor en la quebrada de El Papayo. Esta sub - unidad representa un período de levantamiento de la cuenca y por ende un cambio gradual a condiciones de depositación de tipo continental.



Foto 12.- Discordancia erosional entre la Fm. La Bocana y la Fm. Lancones.

Estudio Geológico - Minero de la hoja de Río Seco (10c-II) - Piura

Marco V. Serrano Guevara



Foto 13.- Detalle de la foto anterior donde se muestra el “lahar”, con rodados de andesita englobados en matriz de tufos andesíticos.

Suprayaciendo a la secuencia anterior se puede observar un paquete de lavas andesítico - basálticas de unos 30m de grosor cuya principal característica es la presencia de estructuras en almohadilla (“pillow lava”).



Foto 14- Lavas andesíticas con estructura almohadillada de la Formación Lancones, afloran en la Hoja de Las Lomas 10c-I, en las cercanías del puente del Río Quiróz y la qda. Suyo.



Foto 15.- Detalle de la foto anterior donde se muestra una almohadilla individual con la típica estructura concéntrica, nótese que la estructura está rodeada por sedimentos (calizas).

Seguidamente se depositó una secuencia monótona de andesitas con textura afanítica, que presenta, ocasionalmente estructura almohadillada, en la base y andesitas porfíricas mayormente tabulares hacia el tope; estas lavas presentan intercalaciones ocasionales de niveles sedimentarios con características lacustres.

A medida que la cuenca se fue levantando las condiciones de depositación fueron cambiando a un ambiente de tipo continental (tal como puede observarse hacia el Este en las localidades de Suyo y Paimas), es así que se depositó una gruesa secuencia de lavas andesíticas en forma de coladas. En el área de estudio esta unidad aflora en el sector Sureste de la hoja (río Sancor) a manera de una franja, también puede ser observada en las inmediaciones de la Represa de San Lorenzo. El grosor estimado para esta unidad es de 5,800m (Caldas J., y Farfán C., 1996).



Foto 16.- Andesitas tabulares de la Formación Lancones, depositadas en ambiente continental, afloran en el sector Sureste de la hoja en el curso medio del Río Sancor.



Foto 17.- Colada de lava andesítica con estructura fluidal. Aflora en las alturas de Tomapampa (Hoja de Las Lomas 10c-I).

Hacia el Este según Caldas J., y Farfán C. (1996), fuera del arco volcánico, esta unidad se interdigita con la Formación La Bocana, aquí consiste de calizas, areniscas, brechas volcanoclásticas turbidíticas y brechas redepositadas.

Edad y Correlación.- La Formación Lancones tiene horizontes calcáreos, pero no se ha dedicado el tiempo necesario para buscar evidencias paleontológicas, salvo algunos amonites mal conservados. En los niveles superiores de la formación, se han encontrado formas de **Inoceramus concentricus** e **Inoceramus cf. L. crippei**, que están indicando el Cenomaniano Inferior (Reyes et al., 1987).

III.1.5.- GRUPO COPA SOMBRERO

Aflora localmente al Noroeste fuera del área de estudio, en el sector denominado Lancones, se interdigita con la Formación Lancones y está constituido por lodolitas negras nodulares intercaladas con areniscas y brechas piroclásticas. Dentro de este grupo Chalco A. (1955) diferenció a las formaciones Huasimal, Jahuay Negro y Encuentros, todas del Cretáceo superior.

III.2.- SISTEMA TERCIARIO

III.2.1.- FORMACIÓN YAPATERA

Esta unidad fue reconocida en la localidad de Yapatera del cuadrángulo de Chulucanas, Reyes et al., 1987, describe una secuencia de

conglomerados continentales que cubren discordantemente a las formaciones volcánicas del Cretáceo.

Aflora en el sector Noreste de la hoja, cerca al reservorio de San Lorenzo, en forma de techos colgantes aislados, tales como los cerros Huabal, Frayle y Huacas. La litología está conformada por gruesos conglomerados de color gris - blanquecinos, con elementos redondeados de cuarcitas englobados en una matriz de areniscas de grano grueso. Este material, probablemente se depositó como consecuencia del levantamiento de terrenos paleozoicos en el Macizo de Olmos durante la tectónica Andina.

La edad no puede precisarse, pero probablemente represente el conglomerado de base del Terciario inferior que subyace a los volcánicos continentales, se correlaciona con las formaciones Chota y Huaylas de la región cordillerana.

En el área de estudio esta unidad aflora en el Cerro Huabal. Se trata de un conglomerado compuesto por rodados de cuarcitas, englobados en matriz arenácea de grano fino fuertemente silicificados. A pesar de ser escasas las áreas de afloramiento esta unidad debió tener una distribución regional más amplia, esto se deduce por la gran cantidad de rodados en los depósitos fluvio aluviales de la región.

III.2.2.- VOLCÁNICO LLAMA

Está compuesto por andesitas y brechas piroclásticas que afloran irregularmente en el sector Suroeste fuera del área de estudio.

III.2.3.- *VOLCÁNICO PORCULLA*

Está compuesto por lavas y tobas andesíticas que afloran en el Río Sancor (sector Sureste de la hoja) a manera de remanentes de erosión, así como también al Norte y Noreste fuera del área de estudio, sobreyacen a la Formación Lancones en discordancia angular. Se les asigna una edad del Terciario inferior a medio.

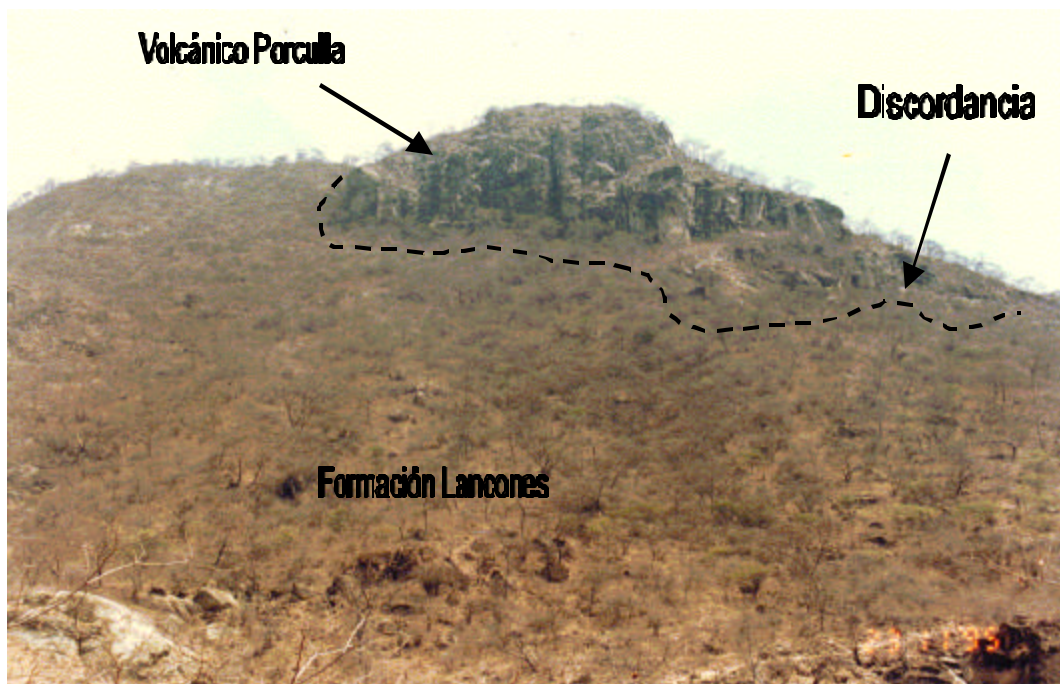


Foto 18.- Remanente de erosión que marca la discordancia entre la Fm. Lancones (Cretáceo) y el Volcánico Porculla (Terciario).

III.2.4.- *FORMACIÓN TAMBOGRANDE*

Bajo este nombre se reconoce una secuencia de depósitos continentales que presentan naturaleza aluvial a lacustrina y se exponen al Suroeste del área de estudio, principalmente a lo largo de la carretera

Tambogrande - Sullana. Más al Oeste, sobreyace a rocas marinas del Mioceno y subyace a depósitos aluviales.

Está conformada de micro conglomerados, areniscas arcósicas semi consolidadas y cenizas volcánicas redepositadas, areniscas de origen volcánico, depositados en un ambiente continental, depósitos lacustrinos, fluviales y eólicos.

La edad queda asignada al Plioceno - Cuaternario

III.3.- SISTEMA CUATERNARIO

III.3.1.- DEPOSITOS RECIENTES

Los depósitos del Cuaternario con mayor antigüedad son las cubiertas aluviales, cuya exposición más extensa se encuentra en el sector Suroeste del área de estudio, comprendiendo el valle de San Lorenzo, los mismos que consisten en conglomerados y arenas inconsolidadas.

Disectando a éstos últimos están los depósitos fluviales que consisten en materiales limo - arcillosos, conglomerados y arenas inconsolidadas.

Finalmente, se tienen los mantos de arena eólica, que migran desde el mar y que se encuentran emplazados en la margen izquierda del Río Piura (fuera del área de estudio).

III.4.- NOMENCLATURA FORMACIONAL

Durante la realización del presente trabajo se realizó el reconocimiento geológico de las formaciones Ereo y La Bocana, descritas en el trabajo de INGEMMET (Reyes et al., 1987), en su localidad típica y

se llegó a la conclusión de que en estos lugares ambas unidades están constituidas por stocks subvolcánicos, probablemente emplazados contemporáneamente con aquéllas, por lo tanto no pueden ser tomadas como secuencias representativas.

Caldas & Farfán (1997) presentaron una nueva nomenclatura para las formaciones de la zona y relaciones estratigráficas distintas a las mencionadas. En dicho trabajo se renombra a la Formación Ereo como Formación Chungas, la Formación La Bocana es reconocida como Formación Pilares (secuencia volcánica inferior) y Formación Cabuyal en lo que corresponde a la secuencia media. En su concepto la Formación Pilares interdigita a los lados con la Formación Lancones, esta última termina por cubrir concordantemente a la primera.

Los trabajos realizados nos indican que la Formación Lancones no interdigita lateralmente con la Formación La Bocana, sino que los materiales volcanoclásticos son derivados laterales de la misma formación, por lo que la Formación Lancones se encuentra al techo.

La **secuencia intermedia** de la Formación La Bocana, si bien es cierto tiene características que la hacen particular dentro de la unidad no vale la pena elevarla al rango de formación, debido a su carácter lenticular que da lugar a que su continuidad lateral sea restringida.

En cuanto a la Formación Chungas, es el equivalente estratigráfico de la Formación Ereo, no habiendo necesidad de renombrarla. Por estas razones y para evitar la confusión que implica la introducción de nuevos nombres, en el presente informe se sigue usando la nomenclatura dada por INGEMMET.

III.5.- ESQUEMA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

Sobre la base de los trabajos realizados se ha confeccionado un cuadro donde se muestran las relaciones estratigráficas entre las formaciones Ereo, La Bocana y Lancones (ver lámina 4).

Hacia el Suroeste aflora la Formación Ereo, en el cerro del mismo nombre y correlaciona con la base de la secuencia medida en el sector de C° Colorado (la Formación Ereo se reconoció mediante sondajes diamantinos). La Formación La Bocana, en su secuencia inferior ha sido reconocida en los sectores de C° El Ereo, C° Colorado y el curso medio de la quebrada Carrizalillo, de tal forma que tiene continuidad lateral hacia el Norte, su grosor es variable.

La secuencia intermedia de la Formación La Bocana aflora en C° Colorado, quebrada Carrizalillo, las localidades de El Progreso y La Bocana. En C° Colorado y Carrizalillo esta compuesta en su mayor parte por rocas volcánicas con delgadas intercalaciones de sedimentos, el grosor y frecuencia de los sedimentos se incrementa hacia los sectores de La Bocana y El Progreso, esto indicaría que la profundidad de la cuenca se incrementa hacia el Oeste, por otro lado la presencia ocasional de sedimentos en el sector C° Colorado – El Papayo (Carrizalillo) se debe al desarrollo de un arco volcánico submarino en este sector.

Entre C° Colorado y Carrizalillo, aflora la base de la secuencia superior de la Formación la Bocana. Hacia El Progreso y La Bocana esta secuencia aflora de manera irregular; mientras que en La Copa – Higuerón se tienen los mayores grosores. Este adelgazamiento en la parte Oeste del área y engrosamiento hacia el Este se explica porque el levantamiento paulatino de la Cuenca a fines del Cretáceo, fue de mayor proporción en el sector Este,

ocasionando que el vulcanismo fuera migrando hacia el Este, mientras que en el sector Oeste se produjo un episodio de erosión representado por los depósitos de tipo “lahar” de la base de la Formación Lancones.

La Formación Lancones muestra hacia el Sur y al Oeste secuencias volcánicas y volcano - clásticas depositadas en fondo marino. En cambio hacia el Norte y al Este los depósitos van migrando hacia secuencias intermedias entre El Progreso y La Copa, mientras que más al Noreste (Suyo – Paimas) los depósitos volcánicos son netamente continentales, constituidos por gruesas coladas de andesita masiva.

CAPITULO IV

ROCAS INTRUSIVAS

INTRODUCCION

Durante el desarrollo del presente trabajo se ha cartografiado a las rocas intrusivas sobre las que J. Caldas y C. Farfán (1996) realizaron un estudio en la cuenca Lancones denominado “Levantamiento geológico de la Cuenca Lancones, sector de Las Lomas - Departamento de Piura - Proyecto Lancones. Joint Venture COMIBUSA - NORTH Cía. Minera S.A.” (Informe privado Buenaventura Ingenieros SAC.). En dicho informe se detalla la litología de las rocas del área. De este trabajo presentamos algunos extractos relacionados al área de estudio.

Las rocas intrusivas están representadas por los complejos intrusivos de "Las Lomas" y "Suyo", constituidos por Granodioritas, Tonalitas, Granitos y Dioritas; éstos complejos son parte del Batolito de la Costa, asignándoles una edad del Cretáceo Superior – Terciario Inferior. Constituyen a su vez parte del segmento más septentrional del Batolito de la Costa denominado Segmento Piura (Pitcher, 1978).

De acuerdo a las relaciones de los plutones con las rocas envolventes, está claramente definido que se tratan de intrusivos que se emplazaron durante el Cretáceo - Terciario, por lo que no hay evidencias de la presencia de granitoides del Jurásico o Triásico, reconocidos en la zona de frontera Suroccidental del Ecuador (Litherland et al., 1994 y Aspdén et al., 1995) los que, de prolongarse al Perú, probablemente lo hagan por la Faja Subandina. Esto implicaría que el magmatismo andino en esta parte de los Andes se inició en el Triásico - Jurásico y se situó en la parte oriental, migrando hacia el Oeste en el Cretáceo inferior y que en el Cretáceo

superior - Terciario inferior se produjo una inversión, trasladándose nuevamente hacia el Este.

En el presente estudio, las rocas intrusivas han sido examinadas en forma muy general, faltando todavía trabajos sistemáticos similares a los efectuados en los segmentos Lima y Arequipa (Pitcher, 1978), con análisis petrográficos, petroquímicos y determinación de edades absolutas, que permitan interpretar la naturaleza de los magmas que le dieron origen y la cronología de emplazamiento de las diferentes unidades petrográficas que conforman el complejo batolítico. Por estas razones, en el presente informe, solamente se hace una descripción resumida de los principales plutones reconocidos, sobre la base de los trabajos del INGEMMET (Reyes et al., 1987).

Para la descripción de las diferentes unidades intrusivas, se ha tenido en cuenta la composición mineralógica, las relaciones texturales, así como la naturaleza de emplazamiento, es decir, se ha considerado si son sub - volcánicas o plutónicas.

IV.1.- INTRUSIVOS SUB - VOLCANICOS CRETACEOS

En esta categoría están incluidos los intrusivos, cuyo emplazamiento se considera que se ha desarrollado contemporáneamente o tardíamente en relación con la acumulación volcánica de la Cuenca Lancones, principalmente en la parte central de la misma, donde se asume estuvo ubicado el arco magmático del Cretáceo.

IV.1.1.- Diques Sin – Volcánicos

Presentes en toda la cuenca, principalmente en la quebrada San Francisco (inmediaciones del caserío Miraflores), así como en el caserío

Carrizalillo, donde se logran identificar verdaderos enjambres de diques. Son mayormente, de composición andesítica a dacítica, con rumbos predominantes NO-SE y NE-SO, variando a veces a E-O y buzamiento próximo a la verticalidad. En gran parte de los terrenos volcánicos cretáceos, la fuerte cobertura de suelos residuales con vegetación, no permite identificar estas estructuras, de no ser por ello, el cartografiado de diques con foto - interpretación hubiese resultado en una herramienta valiosa para ubicar los probables focos volcánicos, principalmente en los diseños radiales.

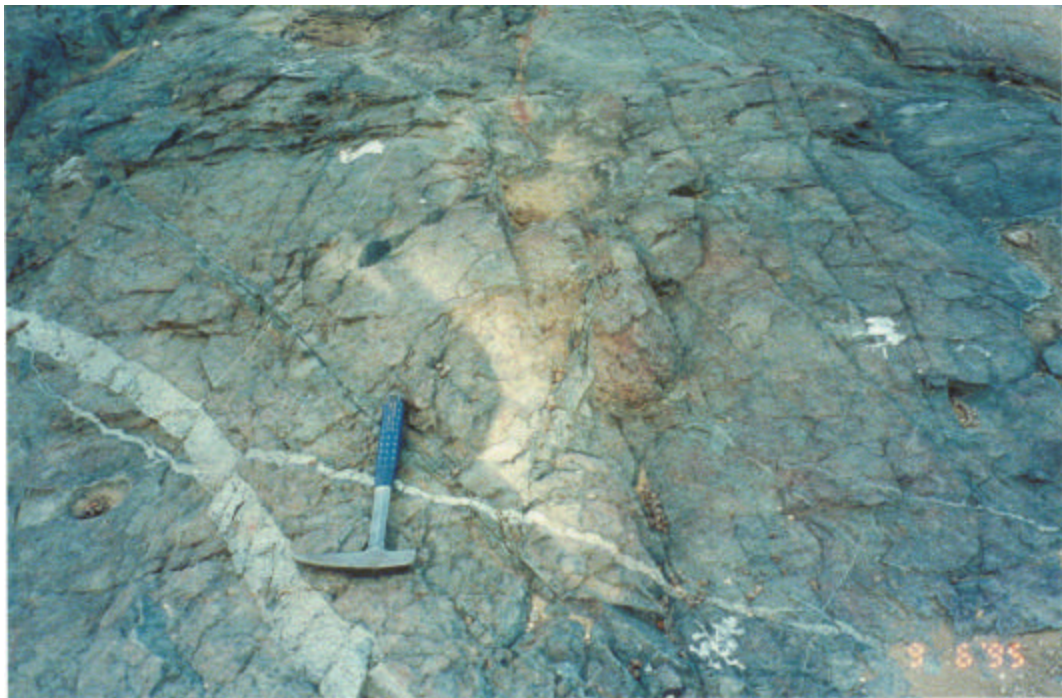


Foto 19.- Diques sin - volcánicos, afloran en las inmediaciones de la ventana exhalativa de Carrizalillo.

IV.1.2.- Stocks Andesíticos

Afloran al Sur de C° Colorado, en las inmediaciones de El Papayo y el caserío Carrizalillo, en forma de pequeños stocks de andesitas con

textura porfirítica, generalmente intruyen a las formaciones La Bocana y Lancones, mientras que dentro de la Formación Ereo, su reconocimiento es más difícil, debido a la naturaleza masiva de ambos tipos de rocas. En muestra de mano, son rocas porfiríticas con fenos blanquecinos de plagioclasas tabulares, anfíboles y piroxenos oscuros, generalmente verdosos por cloritización. La matriz es afanítica a micro granular.

IV.2.- ROCAS PLUTONICAS

Con esta denominación se reconoce a los granitoides que se exponen en el área de estudio (ver lamina 7), conformando parte del cinturón batolítico.

En el área estudiada, los afloramientos de rocas plutónicas se encuentran esparcidos formando cuerpos de tamaños y formas diferentes, presentándose levemente alargados en orientación Norte - Sur, sin embargo se interpreta que debajo de la cobertura volcano - sedimentaria constituyen una unidad masiva cratonizada, como resultado de un plutonismo múltiple, desde la facies de gabro - diorita hasta los granitos alcalinos, de modo que la cobertura volcánico - sedimentaria de la cuenca, solamente constituye un delgado techo colgante del macizo batolítico.

La diferenciación de los intrusivos plutónicos que conforman el batolito está basada principalmente en las características mineralógicas y texturales, así como en los rasgos morfológicos.

IV.2.1.- Complejo plutónico Las Lomas

Convencionalmente, su área de influencia tiene una amplitud aproximada de 40 km² comprendido entre los reservorios de Poechos y San

Lorenzo, mientras que la longitud queda comprendida entre el Río Quiroz y las cercanías de Tambogrande, donde los afloramientos de rocas terminan cubiertos por depósitos recientes. La porción central tiene la forma semi - circular que semeja tratarse de un complejo plutónico centrado incipiente.

En la parte central del complejo, los gabros y las dioritas afloran en las porciones marginales, mientras que las rocas intermedias a ácidas tales como: granodioritas y los monzogranitos se encuentran emplazados en la parte central. El mapa de intensidad magnética total (realizado por North Cía. Minera) corrobora esta disposición, al presentar el carácter más intenso en las márgenes de los complejos intrusivos correspondientes a los gabros y dioritas, estas rocas presentan las siguientes características:

- **Gabros.-** Afloran en el área de la quebrada Carrizalillo, tratándose de una roca de grano grueso y oscura, con grandes fenocristales de plagioclasas gris - blanquecinas, de bordes redondeados, generalmente zonados y también fenocristales de anfíboles y piroxenos euhedrales entrecruzados con las plagioclasas.
- **Dioritas.-** Están ubicadas en las partes más distales del complejo, en forma de stocks aislados, pero que posiblemente a niveles profundos constituyan cuerpos grandes o un solo plutón marginal, alrededor de los terminales granodioríticos. Los afloramientos se encuentran a lo largo de una línea Tazajeras - Las Lomas - San Lorenzo - Pueblo Nuevo - Platillos (sector Oeste del área de estudio, lamina 7). El estudio de dos secciones delgadas realizado por Caldas J. y Farfán C., 1996, indica que se trata de cuarzo - dioritas de grano medio a grueso, de textura hipidiomórfica, compuesta por plagioclasas, cuarzo, clinopiroxenos, biotita o anfíboles. El cuarzo es anhedral e intersticial entre los

feldespatos, presentando inclusiones de cristales de plagioclasas. La hornablenda, si está presente, está cloritizada o alterada a asbesto, por su parte, la biotita altera a los clinopiroxenos.

- **Granodiorita Las Lomas.-** Es uno de los plutones de mayor extensión está emplazada en la parte central del complejo, diametralmente intruído por el Monzogranito Peña Blanca. Es una roca de grano grueso, de color gris - blanquecino, con fenos de plagioclasa blanquecina entrecruzadas y de hornablenda tabulares en agregados también entrecruzados de formas reticulares; se observan algunos cristales de biotita; la hornablenda se encuentra cloritizada. El estudio de una sección delgada (Caldas J. y Farfán C., 1996), indica que se trata de una granodiorita hornabléndica gris clara, de textura granular hipidiomórfica, compuesta por plagioclasas (40%), cuarzo (25%), hornablenda (15%) y feldespatos potásicos (10%). Los cristales de plagioclasas (andesina - labradorita) son de tamaños variados y alterados en los bordes a sericita y feldespatos potásicos. El cuarzo y los feldespatos potásicos se presentan en granos anhedrales y parcialmente intersticiales; la hornablenda está cloritizada formando agregados y reemplazada por epídota y clorita. Hacia el centro, el plutón varía a una composición tonalítica más clara de aspecto similar a la anterior, de textura también granular hipidiomórfica, de grano más grueso, con plagioclasas zonadas y mayor cantidad de cuarzo; además, contiene biotita alterada a cloritas, epídota, sericita y hornablenda cloritizada.

IV.3.- INTRUSIVOS PLUTONICOS MENORES

En la parte periférica del Complejo Plutónico Las Lomas, se exponen varios intrusivos menores en forma de pequeños stocks, de los cuales el más importante es:

- **Cuerpo de granodiorita**, expuesto en la parte Sur del Reservorio San Lorenzo (Puerta Pulache), se prolonga hasta la localidad de Tejedores (ver lamina 7); es una roca de grano grueso, de color gris - blanquecina, con fenos tabulares de plagioclasas, en cantidades menores feldespatos potásicos, cuarzo anhedral e intersticial; anfíboles y micas levemente cloritizadas.

CAPITULO V

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

INTRODUCCION

La historia geológica del Noroeste del Perú y Suroeste del Ecuador es parte de la evolución geotectónica de América del Sur y particularmente de la Cuenca Lancones, cuyo cuadro actual es un mosaico de terrenos de diferentes edades. En este contexto, se ubica el cambio de los Andes Septentrionales a los Andes Centrales (Gansser, 1973) conformando por un margen continental estabilizado recién durante el Terciario inferior a medio. Varios autores han propuesto un modelo de interpretación del desarrollo geológico de América del Sur (en Litherland et al., 1994), principalmente durante el Precámbrico y el Paleozoico, donde participaron mosaicos de terrenos cratónicos, periódicamente sujetos a colisiones y separaciones. Así el continente de la Pangea, estuvo compuesto por cratones más antiguos a 1300 ma. los que se suturaron juntos para conformar una sola faja de colisión denominada Pangea Grinviliana (1300-900 ma.).

En el intervalo comprendido entre la fragmentación de la Pangea Grinviliana (800 ma.) y la formación de la Pangea Africana (600 ma.), pareciera que el cratón Amazónico, adyacente a los Andes Septentrionales actuales, se mantuvo frente a Norteamérica, mientras que a fines del Precámbrico, la porción Sur de Sudamérica se formó por amalgamación de bloques cratónicos antiguos, conformado por arcos de islas, pedazos de terrenos oceánicos y continentales, para integrar la Brasilida, de los cuales los macizos de Arequipa y Pampeanas, constituyen el basamento de una porción de los Andes. Durante el Cambriano, se produjo la separación entre

Gondwana y Norteamérica y a fines del Carbonífero, la deriva de continentes dio lugar a la Pangea Hercínica, para fragmentarse una vez más a fines del Triásico o principios del Jurásico, con apertura del Mar de Tethys, desde entonces, se emplazó un régimen de subducción debajo de la margen Oeste de la Placa Sudamericana, iniciándose aquí un modelo de margen de placa destructivo, con un ambiente de sedimentación, vulcanismo y tectonismo con características muy particulares.

Al Sur del Paralelo 5°, dentro del "terreno Amotapes (Perú)-Tahuín (Ecuador)", se han identificado dos escamas alóctonas:

- La primera, ocurre al nivel de Chulucanas, donde rocas epimetamórficas del Paleozoico Inferior sobre cabalgan a rocas volcánicas de la Cuenca Lancones.
- La segunda se identifica al nivel de Ñaupe, donde rocas del Cretáceo Inferior de la Cuenca Cajamarca, constituida por una escama de areniscas cuarcíticas del Grupo Goyllarisquizga se ha despegado del basamento paleozoico y ha migrado hacia el Norte cabalgando a estas rocas.

Estas estructuras, no hacen sino confirmar que ha existido un transporte tectónico de Sur a Norte. De lo anterior, se deduce que la Cuenca Lancones se ha formado dentro del "terreno Amotapes-Tahuín", limitada por bloques emergidos, como una cuenca de intra - arco de margen continental, con un magmatismo predominante del tipo andesítico, similar a la Cuenca Casma, contrastando con los terrenos oceánicos de la parte occidental del Ecuador, como son los "terrenos" Piñón y Piñón - Macuchi, caracterizados por volcánicos basálticos y ultrabásicos (Caldas J. y Farfán C., 1996).

Es de suponer, que el rumbo general de la cuenca a principios del Albiano no era el que presenta en la actualidad, sino que ha sufrido efectos

de giro en el sentido del reloj, concomitantemente con el desarrollo estructural Este - Oeste del Complejo Metamórfico de El Oro, con sus sub - provincias Tahuín y Palenque (Ecuador), Aspden et al., 1995, caracterizado por un profundo cizallamiento de juego dextral en el Triásico - Jurásico, con efectos de metamorfismo regional de baja presión y alta temperatura, que afectó a rocas epimetamórficas areno - arcillosas del Paleozoico inferior, similares a las que afloran en los cerros Amotapes y en el Arco de Olmos.

La Cuenca Lancones durante el Albiano, consistió de por lo menos dos arcos paralelos de dirección NNE-SSW (ver lámina 5):

- El primero Potrobayo - Guitarras (NW del área de estudio).
- El segundo C° Colorado - El Papayo (ver lámina 5).
- Un tercer arco de dirección NW-SE y probablemente producto de la acción conjugada de los dos primeros arcos es el arco La Copa - Tomapampa (NNE del área de estudio).

En esta última zona así como en Silverios (hoja de Las Lomas 10c-I, cerca de Potrobayo) y en La Tina (cerca de la frontera con el Ecuador) existen secuencias ignimbríticas que parecen haberse originado en calderas formadas en un ambiente submarino de baja profundidad (ver lamina 5). La presencia de calderas en la zona ha sido inferida con la ayuda de imágenes de satélite, donde observan estructuras circulares en los alrededores de Las Lomas (18 Km de diámetro) las que posiblemente controlaron la intrusión del batolito y otras dos estructuras al Norte de Las Lomas.

V.1.- FALLAMIENTO

En cuanto a las estructuras de la región, es notable la tendencia general NNE-SSW (ver lámina 6). Estas ejercieron control sobre la actividad volcánica de dos arcos volcánicos de la zona como se menciona

líneas arriba (C° Colorado - El Papayo y Potrobayo - Guitarras). Las estructuras alineadas a estos arcos, han sido reactivadas, controlando posteriormente intrusiones del batolito y dislocamientos más tardíos, tales como las fallas normales observadas en el sector Este de la hoja, las que a su vez controlan el emplazamiento del batolito y ocasionan el dislocamiento de la secuencia local.

La intersección de fracturas parece haber originado zonas de debilidad, que fueron aprovechadas por los intrusivos del área para su emplazamiento. Estos sistemas estructurales ya habían favorecido el emplazamiento y alineación de los centros volcánicos y domos félsicos desarrollados en la Cuenca Lancones durante el Cretáceo. Las ventanas exhalativas de C° Colorado y Revolcadero están ubicadas en la intersección de los sistemas SSW-NNE y E-W (ver lámina 6). Algo mas al NE se ubica el domo Miraflores y más al Norte la ventana exhalativa de El Papayo que, en conjunto conforman el arco volcánico C° Colorado - El Papayo.

Debido a lo suave de la topografía así como la cobertura vegetal existente, se hace difícil reconocer en el campo las estructuras, por lo que gran parte de ellas están basadas en relaciones de campo y otras en foto interpretación.

V.2.- PLEGAMIENTO

Estructuralmente, el rasgo más importante lo constituye la Deflexión de Huancabamba, habiéndose desarrollado un sistema estructural complejo vinculado a dicha flexión, destacando los sistemas SSW-NNE, E-W y N50°W. El carácter compresivo de la tectónica andina originó pliegues y fallas que se manifiestan independientemente en las diferentes unidades estratigráficas, debido a sus características litológicas. A grandes rasgos y

dentro del contexto morfo - tectónico regional, la Cuenca Lancones ha evolucionado hasta convertirse en un enorme sinclinorio, como resultado de la deformación desarrollada por la Tectónica Andina. El Anticlinal de Las Lomas (ver lámina 5) es uno de los pliegues mayores en el área del Proyecto, con cerca de 80 Km de largo, en territorio peruano y que probablemente se prolonga hasta el Ecuador. Cerca al eje, se encuentra emplazado el Complejo Plutónico Las Lomas, así como los stocks sub - volcánicos Cretáceos y del Cretáceo - Terciario. Su presencia se interpreta, con el eje situado en el alineamiento Tambogrande - Hualtaco - Los Encuentros (Oeste de Las Lomas) - El Cortezo - Calabazas - C° La Servilleta (parte alta de Las Monjas). El flanco occidental es amplio, con cerca de 33 Km (con algunos repliegues menores), con buzamientos entre 30°-40° al Noroeste cerca del eje. Dicha deformación está caracterizada por un plegamiento en forma de anticlinales y sinclinales abiertos, de rumbo general Noreste - Suroeste, tendencia que contrasta con las estructuras Noroeste - Sureste al Sur de la Deflexión de Huancabamba.

En la parte central de la hoja, paralelo y coincidente con el arco volcánico C° Colorado - El Papayo (ver lámina 6), se observan pliegues simétricos bastante abiertos que en general no han ocasionado metamorfismo en las rocas, sin embargo hay que hacer notar que cada secuencia estratigráfica tiene comportamientos diferentes debido a su competencia; así cuando el plegamiento afecta a rocas de la Formación La Bocana los pliegues son algo más apretados debido a la presencia de sedimentos, sin embargo no pasa lo mismo cuando el plegamiento afecta a las rocas de la Formación Lancones. En esta unidad los pliegues son mas abiertos y difíciles de observar debido a que está compuesta en su mayoría por gruesas coladas de lava. En los lugares donde aflora la Formación Ereo es prácticamente imposible observar plegamiento debido al carácter masivo

de esta unidad. El Grupo San Pedro, por su naturaleza sedimentaria incompetente, se encuentra disarmónica y apretadamente plegado, contrastando con los plegamientos amplios y abiertos de los intervalos volcánicos masivos correspondientes a las formaciones suprayacentes.



Foto 20.- Plegamiento en rocas de la formación La Bocana.

CAPITULO VI

GEOLOGIA HISTORICA

La Cuenca Lancones, en el contexto regional y en términos de tectónica de placas, se encuentra emplazada como una cuenca de intra - arco, relacionada a un arco magmático de margen continental (Dickinson, 1977), ubicada entre los complejos paleozoicos y precámbricos, Amotapes al Noroeste y Olmos al Sureste, la Cuenca tiene una orientación NNE-SSW.

En el Noroeste del Perú, el magmatismo andino se inició en el Jurásico inferior, cerca al borde Noroeste de la Cuenca Occidental Peruana, cruzando diagonalmente a los Andes actuales del Perú, con la acumulación de derrames andesíticos del Grupo Oyotún (en la parte peruana) y los Volcánicos Misahualli (Ecuador), las mismas que sobreyacen a las calizas del Triásico superior (Formación La Leche o Grupo Pucará en el Perú y Formación Santiago en el Ecuador). Este magmatismo es ampliamente conocido en los Andes Septentrionales (Ecuador y Colombia), estando constituido por lavas y piroclastos calco - alcalinos y el emplazamiento de granitoides gnéisicos no deformados, aunque estos últimos en el Perú no han sido verificados. El vulcanismo no continuó durante el Cretáceo en la Cuenca Occidental Peruana, siendo reemplazado por una acumulación clástica correspondiente al Grupo Goyllarisquizga. La sedimentación marina, en la Cuenca Lancones, se inició recién a principios del Cretáceo con la depositación de cerca de 1,200 m de sedimentos en la parte Sureste de la Cuenca (Reyes L. et al, 1987), reconocidos como Grupo San Pedro. Sin embargo, a fines del Aptiano o principios del Albiano, el magmatismo migró hacia el Oeste, asociado al inicio de un hundimiento tafrogénico, que

dio lugar al emplazamiento de la Cuenca Lancones, la misma que se desarrolló sobre los terrenos metamórficos pre - mesozoicos (descritos líneas arriba) y que hasta entonces se habían mantenido emergidos.

Se cree que este hundimiento se produjo debido a un severo adelgazamiento cortical, que ocurrió a finales del Jurásico e inicios del Cretáceo, el cual ocasionó el hundimiento inicial del fondo marino dando a su vez lugar a la formación de las rocas volcánicas basales (Formación Ereo). La falta ya sea de rocas sedimentarias de origen continental o sus equivalentes asimilados sugiere también este gran adelgazamiento cortical y un aislamiento de la sedimentación ferruginosa durante el desarrollo inicial de la cuenca. Este hundimiento continental de arco volcánico se desarrolló desde la era Jurásica y principalmente durante el Albiano y hasta principios del Cenomaniano, en respuesta a un proceso de subducción de dirección Sureste - Noroeste a lo largo de la costa Norte de Sudamérica. En el sector central de la Cuenca se desarrolló un vulcanismo de tipo submarino que acumuló cerca de 4,900 m de materiales volcánico-clásticos, constituidos por rocas volcánicas básicamente máficas (en parte de composición félsica) de la Formación Ereo, rocas máficas intermedias (andesitas - basálticas, andesitas), rocas volcánicas félsicas (dacitas, riolitas y tufos félsicos), rocas clásticas marinas y sedimentos químicos de origen continental (calizas, limo arcillitas y areniscas) pertenecientes a la Formación la Bocana (Caldas J., Farfán C., 1996).

A medida que la cuenca evolucionó, la influencia del aporte de las fuentes continentales sobre la estratigrafía se hizo mas pronunciada; esto se evidencia por un mayor contenido de rocas sedimentarias en el miembro intermedio de la Formación La Bocana, sobre todo en el sector de El Progreso (aproximadamente entre Potrobayo y el Río Quiróz, fuera del área

de estudio, Hoja 10c-I Las Lomas) donde la secuencia es preferentemente lutácea alcanzando varias decenas de metros sin presencia de material volcánico, razón por la cual a esta zona se le denomina localmente "sub - cuenca El Progreso"; esto sugiere que en este sector la cuenca Lancones era mas profunda, sin embargo la presencia en la vecindad de secuencias ignimbríticas hace pensar en la posibilidad de que hayan existido calderas desarrolladas en ambiente de aguas someras. En general el ambiente de depositación de la Formación La Bocana es, al igual que la Formación Ereo, vulcanismo fisural submarino caracterizado por la presencia de abundantes complejos de diques, sin embargo, la presencia de las ignimbritas, mencionadas líneas arriba (Potrobayo, Algodonal, La Copa, fuera del área de trabajo) parecen indicar un ambiente de aguas someras asociado localmente a la cercanía de zonas elevadas (J. Injoque et al.; "Geología de los volcánicos del Cretáceo medio Cuenca Lancones, Tambogrande - Las Lomas", X Congreso Peruano de Geología).

A mediados del Cretáceo, la expansión Tetiana decayó, finalizando el tectonismo que se extiende hacia el Noroeste y por ende el posterior desarrollo de la Cuenca Lancones. Los centros de expansión del Pacífico se volvieron activos, dando como resultado una subducción oblicua con dirección Este y Noroeste a lo largo del límite Occidental de América del Sur (Manhattan Sechura Cía. Minera, informe interno).

Con el desarrollo de la tectogénesis andina ocurrida a fines del Cretáceo y principios del Terciario se produjo un levantamiento paulatino de la cuenca. Esto asociado a la migración del vulcanismo hacia el Este produjo la acumulación de materiales volcánicos de tipo continental que conforman las secuencias superiores de la Formación Lancones. Caldas y Farfán (1997), destacan la presencia de olistolitos de calizas en la Formación Lancones y es interesante mencionar que al Norte en la

localidad de Zapotillo (Ecuador, frontera con Perú), la Formación Zapotillo (del Cenomaniano) equivalente a la Formación Huasimal (base del Grupo Copa Sombrero) presenta olistolitos de varios tipos, destacando intrusivos de tonalita, pórfidos dacíticos y brechas hidrotermales auríferas, las cuales parecen provenir de los plutones expuestos directamente al Este de la localidad de La Tina en el Río Macará (frontera con el Ecuador), este fenómeno indica que hacia el Norte se iniciaba un levantamiento de la Cuenca, en tanto que hacia el Sur esto todavía no ocurría; por tanto, durante el Cenomaniano ya estaban siendo erosionadas las unidades más antiguas del Batolito de Las Lomas, J. Injoque et. al., 2000.

A inicios del Terciario se produjo el primer levantamiento general de los Andes que dio como resultado el retiro general del mar, evento que está representado por una marcada deformación seguida por una denudación, que afectó a toda la cuenca. Como consecuencia de ello se produjo la depositación de los conglomerados de la Formación Yapatera, equivalente lateral de los volcánicos Llama.

A mediados o fines del Terciario la actividad volcánica fue migrando hacia el Este, razón por la cual los depósitos volcánicos Terciarios están restringidos a unos pocos afloramientos fuera del área de estudio, en cambio se produjo una sedimentación clástica de carácter lacustrino con influencia volcánica reconocida como la Formación Tambogrande.

CAPITULO VII

GEOLOGIA ECONOMICA

RESUMEN

Las ocurrencias mineras de la zona están caracterizadas por la presencia de:

- 1) Yacimientos y prospectos de Sulfuros Masivos (VMS), asociados al vulcanismo submarino Albiano dentro del Metalotecto Lancones.
- 2) Prospectos de Pórfidos de Cu, no económicos, asociados a intrusiones ácidas del Batolito de la Costa.
- 3) Skarns de magnetita pequeños, asociados a los contactos de calizas con algunos gabros y dioritas del Batolito.
- 4) Vetas de Cu - pirita - cuarzo - baritina extendidas por toda la región.

La importancia minera metálica de la Cuenca Lancones está basada principalmente en el descubrimiento del yacimiento de Tambogrande, con características geológicas que se ajustan al modelo de depósito tipo Kuroko, consistente en sulfuros masivos ligados a la actividad exhalativo - volcánica hidrotermal en las formaciones Ereó y/o La Bocana, por lo que a dichas formaciones se les ha considerado como el **metalotecto Lancones** (Injoque et. al., 2000). Este hallazgo ha despertado interés para que se efectúen trabajos de prospección geológica en varios sectores de la cuenca, con el propósito de ubicar otras áreas de alteración - mineralización. En el área de estudio se presentan el 1er, 2do y 4to tipos de mineralización, de los cuales se hace un breve resumen:

VII.1.- YACIMIENTOS

VII.1.1.- *Yacimiento de Tambogrande*

Ubicado 3 Km al Suroeste de la hoja de Río Seco (fuera del área de estudio, hoja de Tambogrande 10c-III). Se presenta como un modelo de yacimiento de sulfuros masivos habiendo tenido la siguiente evolución exploratoria:

Desde hace más de una centuria, el “gossan” de Tambo Grande ha sido reconocido bajo diferentes términos. El primero en señalarlo fue A. Raimondi (1878), como un cuerpo de “limonita”; luego Venturo (1904), como “hematita terrosa”; posteriormente otros autores han reconocido el área como un “yacimiento de hierro”, siendo el último de ellos E. Bellido (1960).

En 1977, se inicia por primera vez en Tambogrande, una campaña exploratoria, dentro del contexto de cooperación técnica entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Bureau de Recherches Geologiques et Miniers de Francia (BRGM). La primera actividad consistió en un muestreo geoquímico, cuyos resultados indicaron valores anómalos de Pb, Cu, Mo y Bi. Ese mismo año, se llevó a cabo una corta campaña geofísica de polarización inducida, que dio una anomalía bastante reducida (-80 mV), que podría indicar la presencia de un cuerpo de sulfuros a mayor profundidad.

En 1978, el BRGM emprendió un corto programa de perforación diamantina. El primer sondaje confirmó la presencia de un cuerpo piritoso, debajo de una cobertura aluvial de 30m; los últimos 25m de pirita, a 160m de profundidad, revelaron leyes importantes de Cu y Zn. El segundo sondaje, 155m al Noroeste del primero, luego de pasar 40m de cobertura

aluvial, atravesó 10m de pirita con calcosina, con una ley promedio de 5% de Cu.

Teniendo en cuenta dichos resultados, el 3 de octubre de 1979 se firmó un acuerdo de bases entre el BRGM y el Ministerio de Energía y Minas, para la exploración, desarrollo y explotación de los eventuales yacimientos en el sector de Tambo Grande y en esos términos el BRGM se encargaría del estudio de pre - factibilidad.

Los estudios anteriores no habían permitido localizar con precisión el yacimiento, por lo que se efectuaron levantamientos simultáneos de resistividad y polarización inducida, siendo el segundo el que mostró mejores indicaciones de resistividad. Seguidamente, fue ejecutado un levantamiento gravimétrico, que permitió ubicar adecuadamente los sondajes diamantinos.

Entre el 18 de octubre de 1979 y el 30 de abril de 1980 se efectuaron 21 sondajes diamantinos, totalizando 3146m. Con estos resultados se contorneó el yacimiento resultando así una forma casi elíptica, el eje mayor de 700m de longitud, tiene un rumbo NW - SE y el menor de 350m de rumbo SW - NE, que visto en sección tiene la forma de una cubeta cuyo fondo se encuentra a 250m de profundidad.

El yacimiento está compuesto por hasta tres cuerpos independientes de sulfuros masivos (TG1, TG3 y TG8), de los cuales el denominado TG1, ubicado en el poblado de Tambogrande es el mas estudiado, los depósitos TG3 y TG8 se ubican mas al Sur. Estos depósitos representan mas del 2% de las ocurrencias de VMS (sulfuros masivos volcanogénicos) del mundo (en términos de tamaño y valor metálico). Sobre la base del ambiente geológico y el contenido de sulfuros, los depósitos pueden clasificarse como máficos bimodales (del tipo Noranda y Kidd Creek), los depósitos son zonas que contienen pirita masiva, zonas de reemplazamiento de cobre

basal que contienen calcopirita y zonas periféricas de cobre - zinc - plata - oro con contenidos de calcopirita, esfalerita y tetraedrita - tenantita.

- En el depósito TG1, existe un enriquecimiento tardío de cobre hipógeno así como un importante evento epitermal exhalativo submarino de sulfatos auríferos. Se sabe poco acerca de la posición estratigráfica del depósito TG1 pero se asume que se ubica en la porción superior de la Formación Ereo. Al depósito le subyacen básicamente rocas dacíticas porfiríticas y está flanqueado por rocas de la misma composición, con intercalaciones de basaltos y andesitas en la parte inferior, existiendo "debris flow" heterolíticos y conglomerados que forman abanicos localmente cerca de los sulfuros. Por debajo de estos, las unidades muestran un activo tectonismo submarino inmediatamente anterior a la formación del depósito, el mismo que se encuentra dentro de un complejo escenario de cuencas tectónicas desarrolladas a partir de estructuras primarias y secundarias. El principal control estructural es una fosa tectónica secundaria con tendencia N-S de aproximadamente 1 Km de ancho, estructuras secundarias de tendencia Noroeste crearon un hundimiento de tercer orden de aproximadamente 300 a 400m de ancho en el que se depositaron los sulfuros. Algunas de las fallas que delimitan la cuenca muestran un movimiento transcurrente que sugiere un movimiento periódico durante la sedimentación de los sulfuros (cuenca subsidente). El depósito TG1 tiene una longitud aproximada de 350m de ancho por 950m de longitud con un espesor que oscila entre los 10 a más de 200m, que hacen un total de 64.2 millones de TM con una ley de 1.7% de cobre, 1.4% de zinc, 0.7 g/t de oro y 31 g/t de plata (Manhattan Sechura Cía. Minera, informe interno).

VII.2.- PROSPECTOS DE SULFUROS MASIVOS

VII.2.1.- Prospecto C° Colorado - El Papayo

Se ubica en la parte central de la hoja, está emplazado en la secuencia superior de la Formación Ereo (reconocido mediante sondajes), compuesta por andesitas basálticas y las secuencia inferior y media de la Formación La Bocana, compuesta por andesitas almohadilladas, lavas félsicas, tufos, limolitas y cherts. Encima se encuentran andesitas vacuolares con estructura almohadillada y andesitas basálticas, aglomerados andesíticos y brechas con desarrollo hialoclástico. Hacia la parte superior aflora, en discordancia erosional, la Formación Lancones mostrando andesitas verdes. Las rocas félsicas constituyen un lineamiento de domos con dirección NNE-SSW, que es la principal característica de la zona, coincidiendo con un alto radiométrico en K-40 en la aeromagneto - radiometría.

El distrito presenta además, a lo largo del lineamiento principal NNE-SSW, fallas normales longitudinales y pliegues suaves, así como también fallas normales transversales, ambos sistemas de fallas controlan el emplazamiento de diques andesíticos.

Dioritas y tonalitas del Complejo Las Lomas se presentan al Este y Norte, con aureolas de metamorfismo de contacto sobre los volcánicos.

En el Prospecto hay 4 ventanas exhalativas, C° Colorado, El Papayo, Revolcadero y Recodo. Estas ventanas se reconocen por la alteración hidrotermal presente, argilización y cuarzo - sericita, así como por la presencia de baritina sedimentaria (C° Colorado, El Papayo), brechas hidrotermales con hematita (C° Colorado) y presencia de limonitas con malaquita. Además, en la geoquímica de suelos, resalta como una anomalía

con valores de Zn (>200 ppm), Pb (>120 ppm) y Cu (>120 ppm). De estas ventanas exhalativas solo se ha reconocido en detalle las dos primeras.

Los estudios de geofísica realizados en el prospecto solo indican anomalías gravimétricas de entre 0.3 y 0.5 mgals y la magnetometría en buena parte de los casos nos indica la presencia de intrusivos dioríticos a tonalíticos.

Se han realizado sondajes diamantinos en tres áreas:

1. **Carrizalillo**, ubicado 1 Km al norte del El Papayo, que resultó ser un diseminado de pirita - magnetita en el contacto con un intrusivo diorítico. Los trabajos de geofísica (magnetometría) realizados en este prospecto mostraban una fuerte contraste que hizo pensar se debía a la presencia de un cuerpo de sulfuros masivos, sin embargo realizados los sondajes, se trataba de un intrusivo básico, la anomalía era debido a la presencia de magnetita - pirita.
2. **El Papayo**, en este prospecto se realizaron cuatro sondajes diamantinos y si bien la mineralización cortada con los sondajes no corresponde exactamente a la parte central de un cuerpo de sulfuro masivo, esta pertenece a un “**Horizonte volcano - sedimentario mineralizado**”, propio del sistema, el cual se muestra afectado por fallas y una posible mineralización posterior sobre - impuesta. El seguimiento de este horizonte a niveles más profundos, podría conducir a localizar, en un área cercana, algún cuerpo mineralizado importante. La correlación de la geología de los cateos en El Papayo, con la geología de los sondajes realizados, muestra un claro entorno geológico propio de un ambiente de tipo Kuroko, con las siguientes características relevantes:

- Baritina masiva probablemente en horizontes sedimentarios, coincidentes con los encontrados en Tambogrande, con alto grado de SO_4Ba (>80%), muy cerca a superficie.
- Litología compuesta por rocas piroclásticas y lavas félsicas que se intercalan con areniscas volcánicas. Los niveles superiores de esta secuencia, tienen una clara relación con ambientes exhalativo- sedimentarios, que varían en profundidad a un ambiente volcánico lávico.
- La mineralización está compuesta básicamente por sulfuros depositados en ambiente volcánico - exhalativo submarino, cuyos contenidos tienen importancia económica, principalmente en Zinc, aunque hasta el momento es de tipo sub - marginal.

Por lo anterior, concluimos que El Papayo se enmarca geológicamente dentro de un ambiente propio de sulfuros masivos de tipo Kuroko, constituyendo actualmente el prospecto en el que se han registrado los mejores contenidos metálicos. El estudio gravimétrico realizado en esta zona reporta un débil contraste positivo del orden de 0.5 mgals, sobre los cateos principales. Esto podría ser la respuesta de un cuerpo profundo no muy grande; por otro lado debe considerarse el importante contenido de esfalerita, ya que la densidad de este mineral (3.9) es inferior respecto a otros minerales propios de este ambiente, tal es el caso de: la pirita con 6.7, la calcopirita con 4.2, la galena con 7.5 y la baritina con 4.5. En este prospecto se han estimado 0.5 millones de TM con 1.5 % de Zn con valores menores de Cu, Pb y Au.

3. **C• Colorado**, se encuentra ubicado dentro de la comunidad de Totoral y 6 Km al Sur del prospecto El Papayo. Constituye la estructura más importante en el área de estudio, se trata de una ventana exhalativa emplazada y desarrollada en el marco de un lineamiento fisural volcánico de rumbo NE-SW. El “feeder” (conducto alimentador)

central de dicho cuerpo, se ubica en C° Colorado, está constituido por relleno de brecha dacítica en matriz de pirita masiva terrosa, sin contenido económico de sulfuros, muestra desarrollo de un “Stockwork” interno y un “Stringer” periférico, ambos piritosos. Estructuralmente el “feeder” de C° Colorado se ha emplazado en una zona de debilidad estructural conformada por la intersección de dos sistemas de fallas, el primero de rumbo E-W y el segundo NE-SW. En dicha zona, el primer sistema de fallas originó movimientos verticales en bloques, creando depresiones o paleo cuencas, mientras que el segundo (producto de esfuerzos compresivos) originó plegamientos y fallas con dirección NE-SW. Este último sistema de fallas, permitió el desarrollo del lineamiento extrusivo félsico, con centros volcánicos y estructuras dómicas fácilmente reconocibles a lo largo del prospecto. Las depresiones existentes habrían servido como trampas estructurales para los materiales expelidos. Posteriores reactivaciones de las fallas E-W han desplazado las estructuras originales, de allí que C° Colorado se encuentre muy fallado y dislocado.

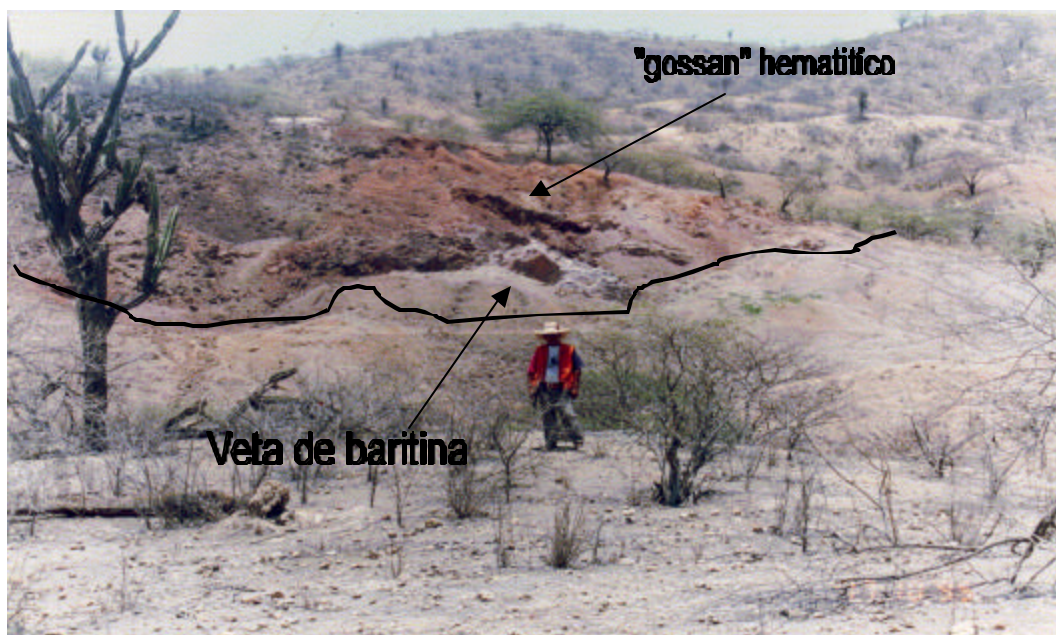


Foto 21.- El “gossan” de C° Colorado, se observa una fuerte limonitización producto de la oxidación de la pirita.

De los sondeos realizados uno de ellos atravesó el “feeder” ó cuerpo central piritoso, el mismo que superficialmente tiene desarrollo de hematita, jarosita con "gossans" con Fe - Ba; los mejores valores geoquímicos no superan los 400ppm en Cu, 40ppm en Pb y Zn; y 40ppb en Au. Por otro lado, otros dos sondeos, ubicados al Este del cuerpo piritoso, intersectaron débil mineralización de sulfuros masivos con valores que bordean los 2,000 ppm de Cu, 600 ppm de Pb, 6,000 ppm de Zn y 120 ppb de Au. Esta mineralización se vincula a horizontes lávicos (dacíticos con desarrollo hialoclástico), piroclásticos y a delgados horizontes sedimentarios, que constituyen “bloques prospectivos” los cuales se encontrarían ligeramente distales del centro volcánico. Existen otros dos sondeos realizados al norte del cuerpo piritoso que parecen haber quedado cortos ya que sus características litológicas indican la existencia de un ambiente geológico favorable para la formación de este tipo de depósitos.

La geofísica practicada en el prospecto solo indica anomalías gravimétricas de entre 0.3 y 0.5 mgals y la magnetometría en buena parte de los casos indicaría la presencia de intrusivos dioríticos a tonalíticos.

Los sondeos diamantinos han permitido estimar 1.5 millones de TM de pirita, sin embargo los sondeos que intersectaron los horizontes con sulfuros masivos, sugieren, que estos se habrían depositado a los lados de la ventana exhalativa. El modelo que se postula es similar al de los otros dos prospectos, y se considera que los sulfuros masivos se encontrarían a los lados, a cierta distancia de las ventanas exhalativas de manera distal, debido a las condiciones de cuenca prevalecientes en el Albiano.

En estos prospectos se realizaron los siguientes trabajos:

- a).- Cartografiado geológico a escalas 1: 2,000 y 10,000
- b).- Muestreo geoquímico, suelos y rocas, en mallas de 100x100m en las zonas adyacentes a los prospectos y malla de 100x200m en las zonas periféricas
- c).- Levantamiento geofísico, gravimetría y magnetometría, realizada sobre las mallas anteriores. Aparte se realizó geofísica TEM (5 fixed loops de 800x400m) e IP (8.2 Km en 5 líneas) en Carrizalillo.
- d).- Campaña de sondajes diamantinos, con los resultados arriba expuestos.

Estas campañas de exploración, llevadas a cabo por parte de Compañía de Minas Buenaventura SAA, se han centrado solo en los prospectos en los que existen evidencias de la presencia de VMS, sin embargo otras compañías han realizado, sin éxito, campañas de perforación diamantina en otros prospectos:

VII.2.2.- **Prospecto Tejedores**

Sulfuros masivos, Cía. Urumalqui, ubicado en las cercanías del caserío del mismo nombre, 8 Km al Noroeste de C° Colorado, los trabajos de exploración han consistido de:

- cartografiado geológico a escala 1/2000
- 3 trincheras de 500m cada una, y
- 6 sondajes diamantinos.

No se han obtenido resultados alentadores.

VII.2.3.- **Prospecto La Copa - La Saucha- Higuierón**

Sulfuros masivos, Cía. de Minas Buenaventura SAA, se ubican al Norte de C° Colorado, fuera del área de estudio (hoja 10c-I), en este sector afloran rocas andesíticas, que cubren un 90% del área cartografiada, mientras que las rocas félsicas están restringidas al sector de La Copa y afloramientos dispersos entre El Potrillo y la parte SW de La Copa. El sector de La Copa corresponde a parte de una sub cuenca donde se depositaron tufos - brecha y rocas félsicas considerados como el horizonte prospectivo. La existencia de horizontes de lavas andesíticas vacuolares, así como niveles de lavas con estructura almohadillada (“pillow lava”), indican la cercanía de un probable centro de emisión o “fedeeer” (ubicado en Tomapampa). El área de La Copa constituye una ventana estructural en donde aflora la Formación La Bocana.

- Las rocas que afloran en el área de estudio pertenecen a la secuencia media y superior de la Formación La Bocana.
- De los trabajos geofísicos realizados en la zona se desprende la existencia de una anomalía gravimétrica abierta hacia el NW, que tiene un contraste de hasta 6 mgals, ligeramente desplazada hacia el NW de la anomalía de IP registrada con los trabajos de 1995, ubicada directamente encima de la sub - cuenca La Copa. Se debe tener en cuenta que uno de los sondajes está ubicado en el borde SW de dicha anomalía mientras que otro sondaje, ubicado en el centro de la anomalía cortó evidencias de la existencia de clastos de pirita masiva, como parte de una mineralización de tipo sulfuro masivo.
- La existencia de una anomalía cerrada de gravimetría en el sector SE de El Higuierón, podría deberse a la existencia de cuerpos intrusivos

en este sector, sin descartarse la probabilidad de que a mayor profundidad se encuentre un cuerpo de sulfuro masivo.

- Las débiles anomalías geoquímicas registradas en el área de estudio están asociadas a vetas de cuarzo y baritina con presencia de óxidos y sulfatos de Cu, son producto de una actividad hidrotermal tardía asociada al emplazamiento de cuerpos intrusivos del Complejo Las Lomas.

VII.3.- PROSPECTOS DE PORFIDOS DE COBRE

VII.3.1.- Prospecto Las Orquetas

Pórfido de Cu-Au, Cía. Britania Gold. Se encuentra ubicado en la quebrada Salados, 5 Km al NW de las Lomas, en la hoja topográfica de La Bocana (10c-IV). El área de alteración está desarrollada en el complejo intrusivo Las Lomas, cubriendo una extensión aproximada de 1,000 x 700m y consiste en vetillas con relleno de óxidos y una alteración argílica supérgena moderada a fuerte. La Cía. Britania Gold efectuó levantamientos geofísicos, detectando una anomalía, pero la perforación exploratoria (11 sondajes) indicaron chispas y vetillas muy esporádicas de calcopirita, razón por la que el prospecto fue abandonado.

VII.3.2.- Prospecto Lagartos

Pórfido de Cu, Cía. Urumalqui, se encuentra ubicado entre la localidad de Lagartos y la quebrada La Huanca, en la hoja topográfica de Chilaco (10c-IV). Consiste de una ligera alteración argílica, sobre impuesta por vetillas

con óxidos desarrollados en la granodiorita La Huanca, por lo que la Cía. SIMSA está explorándolo, como un posible pórfido de cobre, con la construcción de dos trincheras de 1,000m de longitud paralelas, de rumbo NW-SE. Se realizaron 6 sondajes diamantinos, sin obtener resultados alentadores. Por curiosidad, se tomaron dos muestras en una de las trincheras y ambas resultaron anómalas por Cu (200 y 908 ppm) y Mo (17 y 117 ppm).

VII.4.- IMPACTO AMBIENTAL

Durante la realización del presente trabajo no hubo actividades que disturbaran el medio ambiente, ya que dichas actividades consistieron en visitas a los diferentes afloramientos del área, sin embargo como este trabajo forma parte de un programa de exploraciones, durante este tiempo se llevaron a cabo actividades tales como: perforación diamantina, trochas de acceso a las plataformas de perforación, trochas para la realización de los estudios geofísicos y geoquímicos, trincheras. En todos los casos se tomaron las precauciones para que el impacto ambiental fuera mínimo, a continuación se detalla las acciones seguidas para minimizar el riesgo ambiental:

- Seguridad y bienestar público.- Se programaron charlas de información para los pobladores de la zona, para mantenerlos al tanto de las actividades realizadas en sus tierras. Se dispuso límites de velocidad adecuados a los vehículos que transitaban dentro del área del proyecto.

- Perforación diamantina. - Una adecuada disposición de los residuos sólidos, en el caso del agua y lodos de perforación, estos fueron confinados en pozas de 5x3x2 m a fin de evitar la contaminación.
- Drenajes. - Debido a que en la zona de estudio las precipitaciones son mínimas, el agua discurre por las quebradas en muy pequeña cantidad, entonces la contaminación de los afluentes es mínima.
- Trochas de acceso. - Estas fueron construidas de un ancho mínimo, una vez concluida la perforación se realizó un trabajo de re vegetación de las áreas afectadas y en algunos casos los caminos fueron transferidos a la comunidad previo acondicionamiento de los mismos. En ningún caso se utilizó maquinaria pesada.
- Trochas de muestreo. - para la realización del trabajo de toma de datos geofísicos y geoquímicos se hicieron trochas procurando en lo posible la tala de árboles, éstas se limitaron a cortar ramas para permitir el acceso de los equipos.
- Trincheras. - Se realizaron solo en los lugares donde la cobertura de suelo no permitía tomar muestras de roca, y estuvieron limitados a las áreas de influencia de las zonas en donde existen evidencias de mineralización. Una vez terminado el muestreo, las zanjas fueron rellenadas y donde fue necesario, se procedió a plantar especies nativas.

Proyecto Totoral Hoja Rio Seco 10c-II MATRIZ PARA LA EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL				GEOLOGIA			
				EXPLORA CION	PERFORO RACION	LOGUEO	
FACTORES AMBIENTALES	A. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	1. TIERRA	a. Recursos minerales	-7	-7	-6	
			b. Materiales de construcción	-1	-1	-1	
			c. Suelos	-4	-7	-3	
			d. Geomorfología	-6	-7	-2	
			e. Factores físicos	-5	-6	-6	
		2. AGUA	a. Continentales	-2	-2	-2	
			b. Subterráneas	-5	-5		
			c. Factores físicos	-3	-3	-1	
			d. Factores Químicos	-4	-7	-1	
			e. Recarga	-1	-2		
		3. AIRE	a. Calidad de aire	-1	-2		
			b. Calidad de aire esp. Cerrados				
			c. Clima (Micro - Macro)				
			d. Temperatura				
		4. PROCESOS	a. Inundaciones	-2	-4		
			b. Erosión	-2	-3		
	c. Deposición (sedimentación v pp)			-7	-1		
	d. Solución						
	e. Sorción (Intercambio de Iones complejos)		-2	-2	-2		
	f. Compactación						
	g. Estabilidad						
	h. Sismología						
	B. CONDICIONES BIOLOGICAS	1. FLORA	a. Árboles	-1	-1		
			b. Arbustos	-3	-3		
			c. Pastos	-5	-5		
			d. Cosechas				
			e. Microflora	-1	-1	-1	
			f. Plantas acuaticas				
			g. Especies en peligro	-1	-1	-1	
			h. Barreras y obstaculos	-1	-1	-1	
		2.FAUNA	a. Pajaros	-1	-1		
			b. Animales terrestres	-1	-1	-1	
			c. Peces	-1	-1		
			d. Organismos Bentónicos	-1	-1		
			e. Insectos	-1	-1		
			f. Microfauna	-1	-1		
			g. Especies en peligros	-1	-1		
			h. Corredores	-1	-1		
	C. FACTORES CULTURALES	1.USO DEL TERRENO	a. Espacios abiertos	-5	-5	-1	
			b. Zonas humedad				
			c. Silvicultura				
			d. Pastos	-2	-2		
			e. Agricultura	-1	-1		
			f. Canteras	-1	-1		
		2. ESTETICOS Y DE INTERES HUMANO	a. Vistas panoramicas v paisaies	-3	-3		
			b. Naturaleza	-3	-3		
			c. Espacios abiertos	-1	-1		
			d. Paisaies	-3	-3		
			e. Ecosistemas especiales	-1	-1		
			h. Lugares arqueologicos	-1	-1		
		3. NIVEL CULTUR AL	a. Estilos de vida	5	5	5	
			b. Salud v seguridad	-1	-1	-1	
			c. Empleo	4	4	3	
			d. Densidad poblacional				
	4. SERV INFRAE STRUCT URA	a. Estructuras	-1	-1	-1		
		d. Eliminación de residuos sólidos	-2	-2	-2		
		e. Barreras					
		f. Corredores					
	D. RELACIONES ECOLOGICAS			a. Salinización de materiales superficiales	-1	-1	-1
EVALUACIONES				A. PROMEDIO POR ACTIVIDAD	-2	-2	-1
				B. PROMEDIO GENERAL	-2		

CONCLUSIONES

- La cuenca Lancones se desarrolló durante el Cretáceo en un ambiente submarino de cuenca subsidente.
- La Formación Ereo, unidad basal en el área de estudio es la unidad huésped del Yacimiento de Tambogrande.
- La Formación La Bocana ha sido subdividida en tres secuencias, de las cuales, las secuencias inferior y media, son las que presentan potencial para la ubicación de nuevos “targets” de exploración por sulfuros masivos.
- La Formación Lancones se depositó en un ambiente mixto, la secuencia inferior en ambiente submarino, mientras que la secuencia superior se depositó en ambiente continental.
- A fines del Cretáceo y durante el Terciario se produjo un levantamiento continental que dio como resultado la depositación de unidades estratigráficas compuestas por conglomerados (Formación Yapatera).
- El batolito de Las Lomas constituye el principal cuerpo intrusivo en la zona de estudio.
- Durante el Cretáceo medio se desarrollaron hasta tres arcos volcánicos en la Cuenca Lancones, Potrobayo - Guitarras, C° Colorado - El Papayo y La Copa - Tomapampa.
- Estructuralmente la zona presenta pliegues simétricos bastante abiertos.
- Las principales ocurrencias mineras están asociadas
 - a.- Yacimientos y prospectos de sulfuros masivos, asociadas a vulcanismo submarino.

- b.- Prospectos de pórfidos de cobre asociados al Batolito de Las Lomas.
- c.- Skarns de magnetita asociados al contacto de calizas con el batolito. Vetas de Cu - pirita - cuarzo - baritina.
- Los prospectos por sulfuros masivos están asociados a ventanas exhalativas desarrolladas en el marco de un vulcanismo submarino de tipo fisural.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen P., Mayo 1995. Soil sampling reconnaissance in prospects Cerro Colorado and Papayo - Project Totoral. Buenaventura Ingenieros SAC.
- Allen P., Julio 1995. Soil sampling program in Prospects Papayo and La Copa. Project Totoral. Buenaventura Ingenieros SAC.
- Apsden J.A., Bonilla W., and Duque P., 1995. The El Oro metamorphic complex, Ecuador: Geology and economic mineral deposits. Overseas Geological and Miner Resources, 47 pp, N° 67
- Baldock, J.W., 1982. Geología del Ecuador. Boletín de la Explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador (1:1'000,000). Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, División General del Geología y Minas, Quito, Ecuador, 54 pp, N° 67.
- Bellido E., 1960. Yacimientos de Hierro de Tambogrande. Boletín del Ingeniero Geólogo, N° 11.
- Bureau de Recherches Geologiques et Minières (BRGM), 1980. Informe de Pre - factibilidad del Proyecto Minero de Tambogrande (departamento de Piura). Informe interno.
- Caldas J., Farfán C., Enero 1997. Levantamiento Geológico de la cuenca Lancones, sector de Las Lomas (Departamento de Piura) - Proyecto Lancones (Joint Venture COMIBUSA - NORTH Cía. Minera S.A.)

Chacón N., 1988. Metalogenia del Eugeosinclinal Albiano - Cenomaniano de la Cuenca Noroccidental del Perú. Tesis doctoral - UNMSM-

Chalco A., 1995, Estudio Geológico Preliminar de la Región de Sullana - Lancones - Empresa Petrolera Fiscal. Boletín Técnico, p. 45'62, N° 3.

Dickinson W.R., 1977. Plate Tectonic Evolution of Sedimentary Basins. In Dickinson and Yerborough H. Eds, Plate Tectonic and Hydrocarbon accumulation. Petrol. Geol. Continuing Education Course, Note Series 1, 1-62. 14.

Feininger T., 1987. Allochthonous Terrenes in the Andes of Ecuador and Northwestern Peru. Canadian Journal of Earth Sciences, vol. 24, p. 266-278.

Ganser A., 1973. Facts and Theories on the Andes. Journal of the Geological Society of London. Vol. 129, p. 93-131.

GEOTERREX, Junio 1995. Interpretation of Geophysical surveys conducted on the Papayo Prospect. Proyecto Totoral.

GEOTERREX, Junio 1995. Interpretation of Geophysical surveys conducted on the La Copa Prospect. Proyecto Totoral.

GEOTERREX, Diciembre 1997. Logistics Report for the La Copa Gravity Survey Las Lomas, Northern Perú.

- Jaillard E., Soler P., Carlier G., and Mourier T., 1990. Geodynamic Evolution of the Northern and Central Andes during early to middle Mesozoic times: a Tethyan model. *Journal of the Geological Society of London*. Vol. 147, part 6, p. 1009-1022.
- Injoque J., Martínez J.C., Serrano M., Ríos A., Torres J., Vargas C., 2000. Geología de los volcánicos del Cretáceo Medio, Cuenca Lancones, Tambogrande - Las Lomas, Piura. X Congreso Peruano de Geología. Sociedad Geológica del Perú.
- Litherland M., Aspden J.A. and Jemielita, R.A., 1994. Metamorphic belts in Ecuador. *Overseas Memoir of the British Geological Survey* N° 11.
- Macedo O., Set 1994. Levantamiento Gravimétrico de detalle del Proyecto TOTORAL- CEDIMIN.
- Manrique M., Agosto 1996. Geoquímica piloto de Tambogrande BISA-NORTH Cía. Minera S.A.
- Martínez J. C., Marzo 1995. Informe Geológico de las actividades realizadas en el año 1994 - Proyecto TOTORAL - Buenaventura Ingenieros SAC.
- Martínez J.C., Julio 1995. Análisis de los estudios Geofísicos de P.I y E.M. complementado con aspectos geológicos de los prospectos Papayo y La Copa, Proyecto TOTORAL - Buenaventura Ingenieros SAC.

- Martínez J.C., Febrero 1996. Informe de actividades del proyecto TOTORAL, correspondiente a 1995. Buenaventura Ingenieros SAC.
- Martínez J.C., Febrero 1997. Informe anual de actividades del Proyecto TOTORAL año 1996. Buenaventura Ingenieros SAC.
- Martínez J.C., Febrero 1998. Informe anual de actividades del Proyecto Totoral año 1997. Buenaventura Ingenieros SAC.
- Morche W., 23 de Marzo – 4 de Abril 1997. Proyecto Totoral, Cuenca Lancones, Piura, Resultados del trabajo de campo, North Cía. Minera S.A.
- Mourier T., Laj C., Megard F., Roperch P., Mitouard P., and Farfán-Medrano A., 1988. An accreted continental terrene in northwestern Peru. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. 88, p. 188-192.
- Pitcher W.S., 1978. The Anatomy of a Batholith. *Journal Geological Society London*. Vol. 135, part 2, pp. 157-182.
- Proyecto Tambogrande, Noviembre 1999. Informe resumen de la exploración - Fase I. Manhattan Minerals Corp. (Informe interno)
- Raimondi A., 1878. *Minerales del Perú*. Tomo II.

- Reyes, L., y Caldas J., 1987. Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Bol. N° 39, Serie A.
- Torres A., Enero 1994. Reconocimiento Geológico preliminar de complementación, al Norte de Tambogrande. - Buenaventura Ingenieros SAC. (Informe interno).
- Vidal C., 1987. Kuroko-type Deposits in the Middle Cretaceous Marginal Basin of Central Peru. Bull. Of the Society of Economic Geologists. Vol. 86.
- Vilca C., Rodríguez W., Gamarra C., 1985. Prospección geológica, minera y geofísica del área de Totoral - Piura. INGEMMET
- Woolham R.W., Diciembre 1995. Report on Transient Electromagnetic and Induced Polarization Surveys in La Copa and Papayo Projects. -GEOTERREX.